EYS
ANN 13 (2)

DR. 2 Nº 714

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXXII.

Digitized by the Internet Archive
in 2019 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/s3id13208010

# ANNALES

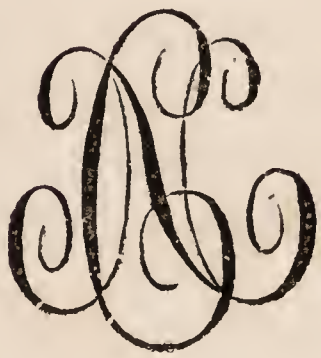
DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

---

TOME TRENTE-DEUXIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16,
près la rue des Mathurins.

1826.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

# Mémoire *sur la Voix des oiseaux.*

Par M. Félix Savart.

L'explication du mécanisme de l'organe vocal des oiseaux présente de grandes difficultés : on peut dire que tout ce qu'on a découvert jusqu'ici sur cette matière se réduit à un seul fait, c'est que les oiseaux ont un larynx placé à la bifurcation de leurs bronches, et qu'avec cet organe ils produisent des sons. La disposition même de ce petit appareil, chez les oiseaux chanteurs, est encore inconnue dans quelques-unes de ses particularités les plus importantes ; et, par aucune hypothèse, on n'a pu rendre raison de la gravité et surtout de l'intensité extraordinaire des sons que font entendre certains oiseaux très-petits, tels que les rossignols et les fauvettes, dont l'organe vocal, réduit à un véritable tube capillaire assez court, ne semble pas susceptible de donner de pareils résultats, eu égard aux procédés ordinaires d'ébranlement dont nous savons faire usage. Je ne prétends pas, dans ce travail, donner une solution

complète d'une question si difficile : je me bornerai à présenter d'abord une description du larynx inférieur des oiseaux chez lesquels cet organe est environné par plusieurs paires de muscles propres, description qui résulte d'observations faites sur à-peu-près cinq cents sujets tirés des espèces d'oiseaux les plus connues en France. Ensuite j'exposerai quelques particularités que présentent les colonnes d'air lorsqu'elles oscillent dans des tubes disposés d'une manière analogue à celle du tuyau vocal des oiseaux, et en même temps je m'occuperai du mécanisme de la voix.

## PREMIÈRE SECTION.

Le larynx inférieur des oiseaux chanteurs est extrêmement remarquable, tant parce qu'il est formé de deux glottes bien distinctes, que parce qu'il présente un mécanisme étranger aux autres animaux, ainsi que des moyens particuliers pour la production et le renforcement du son. Cet organe est placé à la bifurcation des bronches, de telle manière que l'extrémité inférieure de la trachée et l'extrémité supérieure de chaque bronche concourent à sa formation. Il est composé de plusieurs parties bien distinctes que nous allons décrire successivement. (*Voyez* la planche.)

D'abord, d'un tambour osseux qui est la terminaison inférieure de la trachée. Ce tambour est ordinairement formé par la réunion de trois anneaux qui sont soudés ensemble chez les oiseaux adultes, mais simplement réunis par des membranes chez ceux qui ne le sont pas. A partir de ses parties latérales, le dernier de ces an-

neaux augmente graduellement de hauteur, de manière à présenter comme deux saillies triangulaires, l'une antérieure et l'autre postérieure, dont les sommets situés inférieurement, et par conséquent plus bas que la partie externe du bord de l'anneau, se portent l'un vers l'autre en se recourbant en sens contraire, et par leur réunion produisent une traverse osseuse qui partage l'orifice inférieur de la trachée en deux ouvertures elliptiques, dont les plans sont inclinés sur l'axe de ce tuyau d'environ 30 à 40°, et dont les bords assez épais, surtout en dehors et en haut, présentent une facette articulaire qui embrasse la partie supérieure du pourtour de ces orifices.

Chez la plupart des oiseaux chanteurs, ainsi que chez ceux qui sont susceptibles d'apprendre à parler, cette traverse est tout-à-fait osseuse : elle est courbe, et sa convexité est tournée en bas; son bord supérieur est concave et taillé en couteau; il est surmonté d'une membrane fort mince qui a à-peu-près la forme d'un croissant. Les anatomistes ne font aucune mention de cette membrane, cependant on l'aperçoit, même à l'œil nu, dans les pies, les geais, les étourneaux, les grives, les merles, et surtout dans les corneilles où elle a bien 2 millimètres de hauteur. A l'avenir, je désignerai cette membrane sous le nom de *semi-lunaire.* Tous les oiseaux chanteurs en sont pourvus, mais ses dimensions sont très-variables.

Elle est très-étendue chez les rossignols, les fauvettes, les serins, les linotes, les alouettes, les pinsons, le verdier, le chardonneret, le rouge-gorge, le gorge-bleue, le pouillot, le traîne-buisson, l'or-

tolan de roseau, l'hirondelle de cheminée, le rouge-queue (tythis), le tarin, le traquet, le troglodyte, le pinson d'Ardennes, etc., oiseaux qui, comme on sait, ont tous un chant très-varié ou un gazouillement très-compliqué.

Cette membrane est beaucoup moins développée chez le sizerin ou cabaret, le bruant jaune, la lavandière, les bergeronettes, le rouge-queue commun, le pipit, la grande et la petite charbonnière, la mésange bleue, celle à longue queue, la mésange huppée, le friquet, la sitelle, le gobe-mouche gris, le gobe-mouche à collier, le bouvreuil, etc., dont le chant est très-borné. Elle n'existe pas du tout chez le gros-bec, le moineau, le roitelet, l'hirondelle de fenêtre, celle de rivage, la soulcie, le bruant-fou, la mésange-nonette, etc. En général, on ne la rencontre pas chez les oiseaux qui sont privés de la faculté de moduler des sons d'une manière, sinon agréable, au moins compliquée, soit que le larynx de ces oiseaux présente ou non des muscles propres.

Au contraire, c'est chez les oiseaux susceptibles d'apprendre à parler, comme les corbeaux, les corneilles, les pies, les geais, les étourneaux, les grives, les merles, qu'elle offre les plus grandes dimensions. On la trouve même chez les pies-grièches, grises et rousses, et chez l'écorcheur, qui, comme on sait, sont susceptibles d'imiter le chant des petits oiseaux, et même d'apprendre à parler. Le larynx de ces oiseaux est d'ailleurs aussi compliqué et aussi bien conformé que celui des pies.

Il faut donc conclure de ces observations que la mem-

brane semi-lunaire est une des pièces les plus importantes de l'organe vocal des oiseaux qui ont un chant harmonieux, ou qui peuvent produire des sons articulés, puisque, lorsqu'elle manque ou qu'elle est peu élevée, la voix est faible et surtout peu variée.

Au-dessous des parties que nous venons de décrire, le larynx des oiseaux devient double ; il occupe alors l'extrémité supérieure de chaque bronche. Ces deux larynx sont protégés et formés en dehors par trois petits arcs osseux, dont la courbure et la structure sont différentes de celles des anneaux des bronches : je les désignerai en conséquence sous les noms de *premier, second* et *troisième osselet*, en comptant de haut en bas.

Le premier de ces osselets suit le contour de la facette articulaire du tambour, il est plus gros au milieu qu'aux extrémités, aplati de dehors en dedans et de bas en haut : son extrémité antérieure ne présente rien de particulier ; la postérieure, qui joue un rôle important dans le mécanisme de cet organe, s'élargit à sa partie inférieure ; elle s'amincit et se recourbe en avant, de façon que sa face interne forme la paroi postérieure et interne du larynx : elle présente en outre, à sa partie la plus basse, un angle aigu, fort saillant chez certains oiseaux ; c'est le point d'appui de la lèvre interne de la glotte lorsqu'elle se tend.

Le second osselet est à-peu-près de même forme que le premier, si ce n'est que son extrémité postérieure se porte communément plus en arrière, et qu'elle n'est ni recourbée ni aplatie. Cet osselet est beaucoup plus mobile que le premier ; il peut très-facilement se porter en dehors et en haut lorsque les muscles qui s'y atta-

chent entrent en action ; et par-là, l'étendue du larynx, dans le sens perpendiculaire à l'axe des bronches, peut être augmentée ou diminuée.

Le troisième osselet, qui est presque droit, tant sa courbure est faible, est une des parties les plus importantes de chaque larynx, considéré en particulier. Il est d'une nature différente de celle des deux précédens : ceux-ci sont formés d'une substance très-spongieuse, recouverte par une lame mince de substance compacte, tandis que le troisième paraît composé presqu'entièrement de cette dernière substance. Il est aplati de dehors en dedans, et séparé du second osselet par un espace membraneux presque triangulaire, dont le sommet est en arrière ; de sorte que ces deux petits os se réunissent vers ce sommet, soit par une espèce d'articulation, soit simplement par des ligamens. Le long de la face interne du troisième osselet il existe, non pas un simple repli de la membrane muqueuse, comme on l'a avancé, mais un véritable cordon formé d'une substance particulière qui ressemble assez bien à celle du cristallin, si ce n'est qu'elle est comme laiteuse au moins après la mort. Ce cordon, que j'ai observé chez tous les oiseaux dont le larynx est environné au moins de cinq paires de muscles, forme la lèvre externe de la glotte. Il est en général cylindrique et quelquefois renflé par derrière. On observe qu'il est d'autant plus développé que la membrane semi-lunaire l'est elle-même davantage. Chez les gros oiseaux, comme les corneilles et les pies, on peut facilement enlever la membrane muqueuse qui le recouvre.

La lèvre externe de la glotte est susceptible d'un grand

nombre de mouvemens dans tous les sens, et particulièrement d'un mouvement de rotation fort remarquable, qui est très-prononcé chez tous les oiseaux qui peuvent articuler des sons. Pour en avoir une idée, il faut se représenter la corde idéale du troisième arc osseux comme un axe autour duquel cet osselet peut se mouvoir. Chez les corneilles, le freux, la pie, les grives et les étourneaux, où ce mouvement est très-prononcé, ce petit os peut décrire plus d'un quart de circonférence sans que ses extrémités s'élèvent ni qu'elles s'abaissent. La nature a employé différens procédés pour produire ce singulier mouvement. Voici, d'abord, la description du mécanisme qu'on observe chez les pies, les étourneaux, les corneilles, le freux, les fauvettes, le geai, les pie-grièches et l'écorcheur, le pouillot, le roitelet, le troglodyte, l'alouette des champs, le lulu, la lavandière, la soulcie, le moineau, les linotes, le tarin, les serins, le pinson des Ardennes, etc. Entre les extrémités postérieures des deuxième et troisième osselet il y a un repli ligamenteux qui est comme une petite corde tendue entre les têtes de ces deux petits os, et au milieu des faces par lesquelles elles se regardent : entre l'extrémité postérieure du troisième osselet et celle du premier cartilage de la bronche il existe un repli semblable au précédent, mais qui, au lieu de partir du milieu de la face inférieure de la tête du troisième osselet, part de son bord interne ; de sorte que la distance qui existe entre les points d'attache du ligament supérieur et de l'inférieur en dessus et en dessous du troisième osselet, forme un petit levier qui a son point fixe à l'extrémité supérieure du ligament inférieur, tan-

dis que la force, au contraire, agit par le ligament supérieur au moyen d'un muscle dont l'extrémité inférieure est fixée sur la tête du deuxième osselet. C'est ce muscle que M. Cuvier appelé *le longitudinal postérieur*, et dont l'attache inférieure, suivant ce célèbre anatomiste, se fait constamment au troisième osselet; mais il est évident que chez les oiseaux dont il s'agit, il va s'implanter à l'extrémité postérieure du deuxième osselet, à la partie moyenne et supérieure de sa tête, qu'il tend à élever.

Chez le merle ordinaire, le merle à plastron blanc, les grives, le gros-bec, le rouge-gorge, le rouge-queue (tythis), le rouge-queue commun, le gobe-mouche-grive et quelques autres, le troisième osselet s'élargit à sa partie postérieure, et présente inférieurement un angle saillant, auquel s'insère le longitudinal postérieur qui passe sur la face externe de la tête de cet osselet. Il résulte de cette disposition que, quand ce muscle agit, il fait tourner le troisième osselet sur lui-même, ce qui porte son bord supérieur en dedans, et rétrécit par conséquent l'ouverture de la glotte. Mais, chez les oiseaux ainsi conformés, le mouvement de rotation est plus faible, en général, que chez ceux qui présentent la disposition décrite plus haut. Néanmoins il est des oiseaux, comme le rouge-gorge, par exemple, chez lesquels l'apophyse qui donne attache au longitudinal postérieur, est tellement développée, que ce mouvement peut être très-prononcé : toutefois ce mécanisme est bien moins fréquemment employé par la nature que le premier que nous avons décrit.

Pour que le mouvement de rotation pût s'exécuter,

il fallait que le troisième osselet fût entièrement environné de membrane, et c'est aussi ce qui a lieu ; car, entre cet osselet et le premier cartilage de la bronche, il y a un espace membraneux, moindre que celui qui existe entre le troisième et le deuxième osselet, mais beaucoup plus étendu que celui qu'on observe entre les cartilages des bronches. Enfin, la membrane qui sépare le deuxième arc du troisième est formée de deux feuillets qui peuvent glisser l'un sur l'autre. Cette disposition s'observe très-facilement dans les pies, les grives, les geais, les corneilles, les alouettes, les bouvreuils, etc.

Le mouvement de rotation est en général peu prononcé dans les chanteurs proprement dits : les extrémités postérieures des deuxième et troisième osselets sont aplaties et forment une espèce d'articulation qui ne permet à la tête du troisième osselet que de glisser sous celle du second pour se porter en dedans. Comme les bronches de ces oiseaux sont d'un diamètre fort peu considérable, le plus léger mouvement suffisait pour porter la lèvre externe de la glotte, même jusqu'au contact de l'interne.

Telles sont les parties qui forment la moitié externe du petit tuyau qui constitue chaque larynx. En dedans ce tuyau est formé par un petit cartilage et des cordons ou bourrelets, composés d'une substance analogue à celle du cordon vocal externe, et qui sont comme enchâssés dans une membrane triangulaire très-mince que M. Cuvier a appelée tympaniforme. Cette membrane s'étend depuis les cartilages des bronches jusqu'à la traverse osseuse ; et elle se continue avec la membrane semi-lunaire qui est formée de deux feuillets adossés l'un à l'autre, et non adhérens à la traverse, de sorte que la

membrane tympaniforme ne peut pas être plus ou moins tendue sans que la membrane semi-lunaire participe à ses changemens d'état. La paroi interne du larynx présente beaucoup plus de variétés que l'externe : je n'ai pas vu deux espèces chez lesquelles les parties qui la constituent fussent conformées de la même manière. Celles de ces parties qui forment la lèvre interne de la glotte sont, d'abord, le petit cartilage dont je viens de parler, et que j'appelle aryténoïde, parce qu'il remplit les mêmes fonctions que l'aryténoïde des mammifères ; ensuite un ou plusieurs de ces petits cordons ou bourrelets que je viens également d'indiquer.

L'aryténoïde est un petit cartilage très-flexible, qui tient à la tête du deuxième osselet, et non à celle du premier, comme on l'a avancé ; il n'est pas non plus de forme ovalaire, au moins ne l'ai-je vu configuré ainsi chez aucun des oiseaux que j'ai examinés. Dans l'étourneau il ressemble assez bien à un losange dont l'un des angles aigus est fixé au deuxième osselet : dans le merle il est carré, ainsi que dans la pie, les corneilles, le freux, etc., et celui de ses bords qui correspond à la traverse osseuse du tambour peut facilement glisser le long de cette traverse et s'en séparer beaucoup ; sa partie postérieure ne s'étend guère que jusqu'au tiers de l'espace qui sépare l'extrémité antérieure du deuxième osselet de l'extrémité postérieure du premier. Dans les serins, les linotes, le tarin, le chardonneret, le verdier, le sizerin, le bouvreuil, l'hirondelle de cheminée, l'ortolan de roseau, les bergeronettes, etc., il s'étend beaucoup plus en arrière, et il est presqu'entièrement uni à la traverse osseuse par son bord interne et supé-

rieur ; tandis que son bord externe et inférieur est dentelé, et se trouve confondu avec un bourrelet de même nature que la substance qui forme le cordon vocal externe. Le reste de la membrane tympaniforme qui s'étend depuis la pointe du petit cartilage jusqu'à l'angle inférieur et saillant de l'extrémité postérieure du premier osselet, présente des éminences allongées ou mamelonées formées de cette substance, et arrangées toujours de la même manière dans les sujets d'une même espèce, et diversement dans ceux d'espèces différentes. Ces éminences n'existent que chez les adultes, et elles ne sont bien prononcées que chez les sujets un peu vieux.

Dans le rossignol l'aryténoïde est fort court ; il a la forme d'un triangle dont la base est unie au deuxième osselet, et dont le sommet se continue avec un petit bourlet conique qui s'étend dans la membrane tympaniforme jusqu'à l'extrémité inférieure et postérieure du premier osselet, de sorte qu'il a l'apparence d'une petite corde. On observe une disposition analogue dans le larynx de la fauvette, de l'alouette, du rouge-queue (tythis), du rouge-gorge, etc. En général chez tous les oiseaux dont la voix est très-variée, la lèvre interne de la glotte est formée par une corde semblable, rectiligne ou infléchie de diverses manières, mais libre et flottante. Dans les mésanges charbonnière et bleue, cette petite corde n'est pas continue ; elle est formée comme par une suite de petits grains arrondis et disposés en demi-cercles. Chez les vieux étourneaux, les grives, les merles, le gros-bec, la soulcie, la lavandière, le pinson d'Ardennes et quelques autres, au lieu d'un bourlet formé d'une substance analogue à celle de la corde vo-

cale externe, on trouve une sorte de petite bande qui paraît tendineuse et aponévrotique.

Il est rare que toutes ces diverses parties soient également développées dans le larynx droit et dans le gauche. Chez les étourneaux, le plus généralement, l'aryténoïde gauche, et les lèvres externe et interne du même côté, sont plus volumineux qu'à droite. Sur environ cinquante étourneaux que j'ai examinés, j'en ai au plus trouvé cinq ou six chez lesquels la glotte droite était plus volumineuse que la gauche.

La disposition des tuyaux qui conduisent le vent dans chaque larynx, offre aussi de très-grandes variétés. Chez tous les oiseaux qui peuvent parler, les cartilages des bronches n'embrassent qu'un peu plus de la moitié du contour de ces petits tubes, de sorte que la bande membraneuse qui forme la partie interne des bronches est fort large : telle est la construction que présentent les pies, les corneilles, le freux, l'étourneau et même le bouvreuil. Chez les merles cette bande est déjà plus étroite ; et chez presque tous les oiseaux chanteurs, après le quatrième ou cinquième cartilage, la bande membraneuse est nulle ; car les extrémités de ces cartilages sont en contact, quoiqu'elles ne soient jamais soudées. Néanmoins il est de petits oiseaux chanteurs chez lesquels cette bande membraneuse est fort large ; tels sont le rossignol, les fauvettes, le rouge-queue (tythis), le pouillot, les bergeronettes, l'alouette des champs, la lavandière, le bruant-fou et quelques autres.

Il est à remarquer que chez tous les oiseaux dont le larynx est environné par plusieurs paires de muscles propres, les bronches sont unies entr'elles, tantôt par

un petit ligament membraneux composé de deux branches qui partent de chacune d'elles, et qui vont se réunir en un faisceau commun qui se fixe à l'œsophage ; tantôt par un assemblage de petits cordons ligamenteux qui ont la même disposition que les membranes précédentes, et qui sont plus ou moins longs selon les espèces : chez l'alouette, ces ligamens sont si courts, que les bronches sont presqu'en contact par le haut, et si intimement unies à l'œsophage qu'on a beaucoup de peine à les en séparer.

Je n'ajouterai rien à ce qu'on sait sur la trachée des oiseaux chanteurs et sur les muscles qui peuvent l'abaisser. Je remarquerai seulement en passant qu'il est des oiseaux dépourvus de chant, chez lesquels les cartilages qui forment ce tuyau ne sont point complets : par exemple, dans le pigeon colombin, les cartilages s'amincissent tellement dans leur tiers postérieur, qu'il n'en reste plus que la trace : chez l'épervier, la marouette et le râle d'eau, il y a une petite bande membraneuse très-étroite : le râle de terre en a deux, l'une antérieure et l'autre postérieure.

Les oiseaux susceptibles de chanter, de parler ou simplement de gazouiller, ont tous au moins cinq paires de muscles groupés autour du tambour ; il en est qui en ont jusqu'à sept. Ces muscles sont divisés en antérieurs et en postérieurs : ils peuvent recevoir des dénominations tirées de leurs usages. Leur disposition n'est pas la même dans les différentes espèces d'oiseaux.

*Muscles de la corneille, du freux, du geai, de la pie et des pie-grièches.* Ils sont au nombre de six, trois antérieurs et trois postérieurs.

1°. *Le releveur antérieur du troisième osselet.* Ce muscle descend obliquement depuis la partie supérieure et externe du bord du tambour jusqu'à la tête antérieure du troisième osselet : il est renflé par le milieu et en forme de fuseau ; son extrémité inférieure s'attache non-seulement à la tête du troisième osselet, mais encore à la membrane qui sépare le deuxième osselet du troisième, ainsi qu'à une petite crête qui règne le long du bord inférieur du deuxième. Ce muscle élève le troisième osselet et le tire en dehors ; ainsi que la membrane qui forme la paroi externe du larynx : il produit une action analogue mais plus faible sur le deuxième osselet qu'il tend en outre à faire tourner légèrement sur lui-même.

2°. *Le releveur antérieur du deuxième osselet.* En devant de ce muscle il en existe un autre, le plus long de tous les antérieurs, mince et étroit, dont l'extrémité supérieure est fixée à la partie externe du huitième ou neuvième anneau de la trachée, et qui descend obliquement en avant jusqu'à l'extrémité antérieure du deuxième osselet où il s'attache, dans une espèce de gouttière creusée le long de la moitié antérieure de la face externe de ce petit os. Ce muscle a pour usage d'élever l'extrémité antérieure du deuxième osselet, de le tirer en dehors, et par conséquent d'augmenter la capacité du larynx.

3°. *Le releveur des deuxième et premier osselets.* Ce muscle est presqu'entièrement recouvert par les précédens : il s'attache à la partie antérieure et externe du bord supérieur du tambour, de là il descend en s'élargissant beaucoup, de manière à embrasser

le quart de la circonférence du tambour, et il va se fixer à la crête qui forme le bord externe et supérieur du deuxième osselet, après avoir envoyé quelques fibres qui s'insèrent au premier. Ce muscle élève le premier et le deuxième osselets, et les tire en dehors: comme les précédens, il augmente donc la capacité du larynx en tendant les membranes qui en forment la partie externe. D'après cette description on voit que ces trois muscles ont des usages tout-à-fait analogues, qu'ils tendent tous à élargir le larynx et à diminuer sa hauteur. Il est à noter que les abaisseurs de la trachée concourent aussi à produire un effet semblable.

Telle est l'action immédiate des muscles antérieurs sur les osselets; mais ils en produisent une autre qui, quoique moins directe en apparence, est beaucoup plus importante pour le mécanisme de la voix; c'est celle qu'ils exercent sur l'aryténoïde et sur la lèvre interne de la glotte. En effet, comme ce petit cartilage est articulé avec le deuxième osselet; qu'il est d'ailleurs réuni par son contour à la membrane tympaniforme, et qu'il est très-flexible, le deuxième osselet ne peut pas changer de place, sans que l'aryténoïde ne le suive et ne prenne diverses inflexions qui réagissent sur la partie de la membrane qui se trouve tendue entre l'extrémité postérieure du premier osselet et l'aryténoïde lui-même: et comme c'est dans cet intervalle que se trouve le cordon vocal interne, il est influencé par cette action d'une infinité de manières diverses qu'il est plus facile d'imaginer que de décrire. On peut dire en général que, pendant la contraction des muscles antérieurs, la lèvre interne se porte vers l'externe, et qu'en même temps

la membrane semi-lunaire, qui n'est que la continuation de la membrane tympaniforme, se trouve tendue, et d'autant plus que l'ouverture par laquelle l'air s'échappe devient plus étroite.

*Muscles postérieurs.* 1°. *Le releveur postérieur du deuxième osselet ou le muscle rotateur.* Il s'attache supérieurement au 8e ou 9e anneau de la trachée, derrière le releveur antérieur du deuxième osselet, et à même hauteur; il descend obliquement en arrière jusqu'à la face supérieure de la tête du deuxième osselet, où il s'implante par des fibres tendineuses fort courtes. Il a pour usage d'élever le deuxième osselet et de faire tourner le troisième sur lui-même ainsi que nous l'avons décrit plus haut.

2°. *Le releveur postérieur du premier osselet.* Ce muscle est situé sous le précédent, il en est entièrement recouvert, de sorte que si l'on prête peu d'attention, il peut arriver qu'on le confonde avec lui. Il s'étend depuis le 5e ou 6e anneau de la trachée jusqu'à la tête postérieure du premier osselet qu'il tend à élever, il exerce en conséquence une action sur la lèvre interne.

3°. *Le rotateur postérieur du deuxième osselet.* Muscle oblique, attaché à la partie externe du bord supérieur du tambour; descendant obliquement en arrière jusqu'à une petite crête qui s'étend diagonalement de la partie moyenne du bord supérieur du deuxième osselet, jusque près de la partie inférieure de sa tête. Ce muscle a pour usage de faire tourner le deuxième osselet sur lui-même et de le tirer en dehors.

*Muscles de l'étourneau.* 1°. *Le releveur longitudinal antérieur du premier osselet.* Ce muscle qui, chez

les corneilles, le geai, etc., ne s'étend que de la partie externe du bord supérieur du tambour jusqu'à la tête du troisième osselet, part, dans l'étourneau, du 8e ou 9e anneau de la trachée, et il descend obliquement en avant, sous la forme d'un ruban mince et assez étroit, jusqu'à la tête antérieure du troisième osselet qu'il tend à élever et à tirer en dehors et un peu en arrière; mais l'action produite par ce muscle doit être moins énergique que celle qui est produite par son correspondant chez les oiseaux que nous venons de citer.

2°. *Le releveur et rotateur du deuxième osselet.* Ce muscle est fixé à la partie latérale et supérieure du tambour : il descend obliquement en avant jusqu'à la partie antérieure du bord inférieur du deuxième osselet, où il s'attache; il tend à le relever, à le tirer en dehors et à le faire tourner sur lui-même en portant son bord supérieur en dedans. Il envoie aussi des fibres à la membrane qui est placée entre le deuxième et le troisième osselets, et il empêche par conséquent qu'elle ne fasse un pli en dedans du larynx, lorsque ces deux osselets se rapprochent.

3°. Sous le releveur du troisième osselet et un peu plus en avant, on trouve un faisceau de fibres musculaires, qui suit la direction de ce muscle, et qui descend jusqu'au tambour, où il se réunit avec un gros noyau charnu qui embrasse en largeur le quart de la circonférence du tambour même, et qui va se fixer au bord supérieur de la tête du deuxième osselet, ainsi qu'à la tête du premier. Ce muscle a les mêmes usages que son correspondant dans la pie, la corneille, etc. Les deux faisceaux, d'inégale longueur, qui le composent,

forment souvent deux muscles bien distincts, ce qui porte à sept le nombre des paires de muscles du larynx de cet oiseau.

Les muscles postérieurs sont, à très-peu-près, disposés comme dans la corneille, le geai, etc. Ainsi la différence est seulement dans les antérieurs.

*Muscles du larynx du merle, du merle à plastron, des grives, du gros-bec.* Chez ces oiseaux il n'y a que deux muscles antérieurs : l'un est le releveur du troisième osselet, il est disposé comme dans l'étourneau ; l'autre est le releveur des deuxième et du premier osselet. Il est disposé comme dans la corneille, la pie, etc. Quant aux muscles postérieurs, le rotateur est fixé directement au troisième osselet, dont l'extrémité postérieure se recourbe vers le bas, et présente un angle saillant qui donne attache à ce muscle.

*Muscles du larynx de l'alouette.* Les antérieurs, au nombre de deux, ne s'élèvent pas au-delà du bord supérieur du tambour : le releveur du troisième osselet est un muscle triangulaire dont le sommet est fixé à la partie latérale du bord supérieur du tambour, et dont la base s'insère à toute l'étendue de la membrane qui sépare le deuxième osselet du troisième, ainsi qu'à la tête du troisième osselet, et obliquement le long de sa face externe ; et enfin au bord supérieur et à la tête du deuxième osselet. Le rotateur postérieur est fixé au deuxième osselet, comme dans les pies, etc.

On voit, d'après ces détails anatomiques, qu'il y a une grande variété dans l'arrangement des diverses pièces qui constituent le larynx inférieur des oiseaux chez lesquels cet organe est environné par plusieurs paires

de muscles propres. Pour faire ressortir encore plus cette diversité d'organisation, j'ajouterai, à ce que je viens de dire, les observations suivantes. Chez l'alouette commune et l'alouette lulu, la traverse osseuse du tambour est remplacée par un petit ligament qui s'étend entre deux petites apophyses, qui sont comme des rudimens de la traverse, l'un antérieur, l'autre postérieur; les deux membranes tympaniformes vont à l'ordinaire se réunir au-dessus de ce ligament, et par leur intersection elles forment une espèce de bourrelet fibreux, assez mince, qui tient lieu de la membrane semi-lunaire.

Les perroquets manquent également de traverse osseuse; la membrane semi-lunaire est chez eux la continuation des deux membranes tympaniformes, qui sont adossées et collées l'une à l'autre dans une étendue assez considérable.

Chez le padda ou oiseau de riz du Sénégal, quoiqu'il y ait une traverse osseuse, la membrane semi-lunaire manque entièrement; elle est remplacée par un bourrelet qui semble formé d'une substance analogue à celle qui compose le ligament vocal externe.

Dans les corneilles noires, il n'y a pour ainsi dire point de tambour, c'est le dernier anneau de la trachée qui porte la traverse osseuse.

Chez plusieurs oiseaux, tels que l'étourneau, le merle, etc., l'extrémité postérieure du troisième osselet se porte plus en arrière que celle du deuxième, et celle-ci plus que celle du premier; tandis que dans d'autres espèces qui sont en grand nombre, tels que le rossignol, les fauvettes, le gobe-mouche à collier ou de Lor-

raine, etc., c'est le premier osselet qui s'étend le plus en arrière.

En un mot, si l'on voulait entrer dans les détails de la construction de ce petit organe, il faudrait donner une description particulière pour le larynx de chaque espèce d'oiseaux, et ce serait sans doute un travail aussi fastidieux qu'inutile.

(*La fin au Cahier prochain.*)

---

## De *l'Emploi des corps gras comme hydrofuge dans la peinture sur pierre et sur plâtre, dans l'assainissement des lieux bas et humides.*

Par MM. D'Arcet et Thenard.

Les observations dont se compose ce Mémoire furent commencées en 1813, à l'époque où M. Gros entreprit de peindre la coupole supérieure de l'église Sainte-Geneviève. La surface de cette coupole venait d'être préparée à la manière d'une toile : on avait imprégné la pierre d'une couche de colle forte, puis on l'avait recouverte de blanc de plomb délayé dans l'huile siccative.

Craignant que cette préparation ne fût pas solide, M. Gros vint nous consulter ; nous n'hésitâmes pas un seul instant à déclarer qu'elle était loin d'offrir toute la sécurité désirable ; l'humidité avec le temps pouvait agir sur la colle, et le tableau s'altérer.

Quelques réflexions suffirent pour nous convaincre

qu'il fallait faire pénétrer dans la pierre un corps gras qui serait liquéfié par la chaleur, et qui par le refroidissement se solidifierait et boucherait tous les pores. Fortifiés dans cette idée par la certitude où nous étions que les anciens faisaient quelquefois fondre la cire sur des murs qu'ils voulaient peindre, nous fûmes naturellement conduits à essayer un enduit de cire jaune et d'huile de lin lithargirée. Des essais tentés sur des pierres semblables à celles de la coupole nous prouvèrent que nous réussirions au-delà de nos espérances en composant cet enduit d'une partie de cire et de trois parties d'huile cuite avec un dixième de son poids de litharge ; l'imbibition avait lieu facilement à chaud ; elle s'étendait à volonté dans les échantillons sur lesquels nous opérions, à la profondeur de 9 à 14 millimètres ; l'enduit par le refroidissement se solidifiait, et prenait, en six semaines à deux mois, une dureté considérable.

Dès-lors nous proposâmes d'en faire usage pour la coupole, et d'exécuter l'opération comme il suit :

La coupole devait être grattée au vif pour enlever le fond de colle et de blanc de plomb dont elle était couverte ; on devait ensuite, au moyen d'un grand réchaud de doreur, chauffer successivement et fortement tout l'intérieur de la coupole, en opérant sur un mètre carré à la fois, et y appliquer le mastic à la température de 100° environ avec de larges pinceaux. A mesure que la première couche serait absorbée, elle devait être remplacée par une autre, et ainsi de suite jusqu'à ce que la pierre refusât d'en absorber. Pour faciliter l'absorption, la pierre, dans le cours de l'imbibition, devait

être chauffée de temps à autre une à deux fois, suivant sa porosité. Dans tous les cas, la chaleur devait être aussi élevée que possible, sans être portée toutefois au point de carboniser l'huile. Enfin, les murs étant imprégnés d'enduits bien unis et bien secs, ils devaient être recouverts de blanc de plomb délayé dans l'huile, et c'est sur cette couche blanche que l'on devait peindre.

Notre projet fut adopté; M. Rondelet se chargea de l'exécuter, et mit bientôt M. Gros à même de faire un nouveau chef-d'œuvre dont la durée égalera celle du dôme, et qui n'éprouvera d'autre altération que celle que les couleurs pourront recevoir de l'air et de la lumière.

Des gouttelettes d'eau, semblables à celles de la rosée et qui couvraient, presque tous les matins, en nombre infini, la voûte de la coupole, donnèrent d'abord de l'inquiétude à l'auteur du tableau. Pour nous, nous n'en avions aucune, et l'auteur lui-même commença à se rassurer lorsqu'il vit ces gouttelettes paraître et disparaître souvent sans laisser la moindre altération. Aujourd'hui onze ans d'épreuves suivies ont dissipé toutes les craintes.

L'enduit de cire et d'huile ne met pas seulement la peinture à l'abri de l'humidité; elle prévient encore l'*embu*, par l'impossibilité où se trouve l'huile d'être absorbée, et dispense le peintre de vernir son tableau, avantages dont il est facile de sentir tout le prix.

L'épreuve de notre enduit, faite sur la coupole supérieure de Sainte-Geneviève, avait eu trop de succès pour que nous ne désirassions pas de voir préparer de la même manière les quatre pendentifs qui appartiennent à la

grande coupole ou coupole intérieure de la même église, et que M. Gérard doit peindre incessamment. Aussi, ce célèbre peintre a-t-il accepté avec le plus grand empressement la proposition que nous lui en avons faite. L'enduit, sous notre direction, a été appliqué par M. Belot avec des soins qui ne laissent rien à désirer, et tels que, encore bien que la pierre soit extrêmement dure, il a pénétré de $3^{\text{mill.}},5$ à $4^{\text{mill.}},5$.

Il était naturel que nous cherchassions à savoir si l'enduit de cire et d'huile pourrait s'appliquer sur le plâtre comme sur la pierre, le durcir, lui donner la faculté de résister à l'eau, et le conserver. De nombreuses expériences furent faites dans ce dessein, et la preuve nous est acquise que, sous ce point de vue, il sera d'une grande utilité ; on en jugera par les échantillons que nous mettons sous les yeux de l'Académie. L'un est un bas-relief, et l'autre un portrait, tous deux à moitié imprégnés d'enduit ; on les a placés sous des gouttières pendant très-long-temps, et l'on voit que toute la partie de plâtre pur a été fortement attaquée, rongée, dissoute, tandis que celle qui était imprégnée d'enduit, n'a souffert aucune altération. Le procédé d'application est ici le même que pour la pierre ; nous remarquerons seulement que le feu doit être ménagé, autrement le plâtre se décomposerait ; il supporte aisément de 100 à 120 degrés de chaleur ; mais on ne l'exposerait pas vainement à 145°. D'ailleurs il s'imbibe facilement, et l'opération ne présente point d'obstacles.

Maintenant que l'on connaît le procédé d'imprégner les pierres et le plâtre de l'enduit de cire et d'huile cuite, nous allons parler des autres applications que

nous avons faites ou que l'on peut faire de cet enduit, soit qu'on l'emploie tel que nous en avons donné la composition, pour des ouvrages précieux où l'économie de la cire doit être compté pour peu de chose, soit qu'on remplace la cire par la résine, et qu'on forme alors l'enduit d'une partie d'huile lithargirée et de deux à trois parties de résine, comme quand il s'agit de garantir un mur de l'humidité.

### *Assainissement des appartemens ou lieux bas et humides.*

La Faculté des sciences possède à la Sorbonne deux salles dont le sol est de plusieurs pieds au-dessous de celui des maisons voisines, du côté du levant et du midi. Les murs, à cette exposition, sont très-salpêtrés. On crut devoir les couvrir de plâtre, il y a quelques années, dans l'espérance de rejeter les sels au dehors; mais les sels traversèrent la couche de plâtre qu'on leur avait opposée, et reparurent bientôt dans l'intérieur, entretenant une telle humidité que le plâtre perdit de sa consistance, et que le local devint inhabitable, même en été. C'est sur ces deux salles que notre expérience fut tentée : nous allons la décrire telle qu'elle a été faite.

L'enduit a été composé d'une partie d'huile de lin cuite avec $\frac{1}{10}$ de son poids de litharge et de deux parties de résine. Celle-ci a été fondue dans l'huile en employant une chaudière de fonte, et ménageant le feu. D'abord la matière s'est boursoufflée fortement; mais ensuite elle est restée en fusion tranquille : parvenue à ce point, on l'a laissée refroidir pour la fondre de nouveau et s'en servir au besoin.

Les murs étant très-humides ont dû être séchés avec le fourneau de doreur. Celui dont nous avons fait usage avait 5 décimètres de largeur sur 4 de hauteur, en sorte que nous séchions à la fois une surface de 20 décimètres carrés. Il portait de chaque côté, à la partie supérieure, antérieure et latérale, deux anneaux à demi fermés qui servaient à l'accrocher à une tringle de fer horizontale, de 16 décimètres de long. Les deux bouts de cette tringle étaient reçus dans des entailles à crémaillère, qu'on avait faites sur les bords de deux planches verticales, éloignées l'une de l'autre de 15 décimètres, et unies entr'elles par deux traverses, l'une supérieure et l'autre inférieure. Ces planches qui, avec leurs traverses, formaient une espèce de chassis facile à transporter, avaient presque la hauteur des salles, environ 32 décimètres. On les plaçait à distance convenable du mur; mais comme le fourneau tendait à s'en rapprocher par trop dans la partie inférieure, on l'en tenait éloigné au moyen de deux petites broches vissées près des extrémités de la grille, c'est-à-dire au bas du fourneau et sur ses côtés. D'ailleurs ce fourneau, par derrière, était muni de deux poignées, au moyen desquelles on le faisait mouvoir ou glisser sur les tringles très-commodément.

D'après ce qui précède, il est facile de voir comment l'opération se faisait. L'appareil, c'est-à-dire, le fourneau, la tringle et les supports à crémaillères ou le chassis, était placé devant une partie du mur, et y restait jusqu'à ce que cette partie fût enduite. Elle se partageait pour le travail en huit bandes horizontales qui avaient chacune la hauteur du fourneau (4 décimètres), et trois

fois sa largeur (15 décim.). On commençait par sécher les plâtres, et quand ils étaient bien secs, on les chauffait de nouveau et successivement pour y faire pénétrer le mastic, comme nous l'avons exposé précédemment. C'était la bande supérieure qu'on enduisait d'abord. A cet effet, lorsque le premier espace qu'on voulait enduire, espace égal à la surface du fourneau ou au tiers de la bande, était convenablement chaud, on déplaçait le fourneau en le faisant glisser sur la tringle qui lui servait de support, et pendant qu'un second espace était chauffé, on appliquait le mastic en fusion parfaite sur le premier : seulement, si le mastic ne s'absorbait pas bien, on l'exposait à l'action du feu en rapportant le fourneau et le tenant à distance convenable : dès-lors des bulles d'air se dégageant en grand nombre, l'absorption avait lieu en très-peu de temps. On continuait ainsi d'appliquer le mastic jusqu'à ce que le plâtre refusât de s'en imprégner. Cinq fortes couches furent absorbées; la sixième ne le fut qu'en partie, et forma à la surface du mur un léger glacis qui finit par prendre beaucoup de dureté.

La bande supérieure étant enduite de mastic, on descendait le fourneau et la tringle d'environ 4 décimètres; on faisait sur la nouvelle bande, et par suite sur toutes les autres bandes, ce qu'on avait fait sur la première.

La surface totale était de près de 94 mètres carrés, environ 24 toises. La dépense, non compris la main d'œuvre, fut de 16 sous par mètre carré ou de 3 francs 20 cent. par toise; elle serait moindre sur la pierre, par la raison toute simple qu'il y aurait moins d'enduit absorbé. Les plâtres sont devenus durs en peu de temps;

l'ongle aujourd'hui ne les raie que difficilement. Dans deux endroits ils avaient été trop chauffés, on les a refaits. S'ils étaient trop salpêtrés, le mastic n'y pénétrerait qu'avec peine, et pourrait même se détacher au bout de quelque temps sous forme de plaques ; dans ce cas, il faudrait les remettre à neuf : l'opération sur les plâtres neufs et secs réussit toujours très-bien. Rien ne s'opposerait à ce que dans les rez-de-chaussée l'on se mît aussi à l'abri de l'humidité du sol : là où les salles devraient être parquetées, l'on ferait une aire en plâtre que l'on enduirait de mastic, et sur laquelle le parquet serait posé au moyen de lambourdes ; et là où il devrait y avoir des dalles ou des carreaux, ce serait les carreaux eux-mêmes ou les dalles qui seraient enduits. Si ce procédé ne paraissait pas suffisant, il en est un autre qui serait infaillible pour les salles parquetées et chauffées par un poêle ; ce serait de construire une aire, comme nous venons de dire, et de se servir de l'air de la chambre pour alimenter le poêle, mais en le faisant circuler auparavant sous le parquet. D'ailleurs on tirerait de l'air du dehors qui se rendrait, comme à l'ordinaire, dans les bouches de chaleur, et de là dans la chambre.

*Préparation des plafonds qui doivent être peints.*

On sait que la peinture sur les plafonds en plâtre se détériore peu-à-peu. Nous sommes convaincus qu'en les imprégnant d'un enduit de cire et d'huile lithargirée, comme nous l'avons fait pour la coupole et les pendentifs, on les conserverait presque autant que s'ils étaient de pierre, et que les couleurs n'éprouveraient pas plus d'altération que sur la toile. On pourra nous

objecter sans doute qu'il y aura de l'humidité transmise par la partie supérieure ; qu'elle diminuera peu à peu la cohérence du plâtre, et finira par le détacher en morceaux ; mais nous répondrons que nous pouvons faire pénétrer l'enduit à une grande profondeur, et que le plâtre prend une si grande dureté qu'il imite la pierre. Cela est si vrai que l'angle de la tablette d'une cheminée, au laboratoire des essais de la Monnaie, ayant été cassé, on a pu remplacer le morceau par du plâtre imprégné après coup d'enduit à la cire. L'opération est faite depuis onze ans, et cependant le morceau rapporté, quoique exposé à un frottement continuel, ne paraît pas usé et fait si bien corps avec la tablette de pierre de Liais, que les joints ne s'aperçoivent pas. Ainsi, dans la préparation des plafonds et surtout des plafonds voûtés, le plâtre, durci par l'enduit, prendrait tant de solidité qu'il résisterait sans doute à de petites quantités d'eau transmise par les parties extérieures ; et nous avons tout lieu de croire que si le plafond de la salle des Antiques, peint par Barthélemy, en l'an 10, eût été imprégné d'enduit, il existerait encore aujourd'hui, tandis qu'il a été détruit en 1820 par une infiltration d'eau provenant de la salle au-dessous de laquelle il était placé.

*Statues et bas-reliefs en plâtre, rendus inaltérables à l'air.*

Puisque le plâtre imprégné d'enduit de cire et d'huile lithargirée n'est altéré, du moins pendant plusieurs mois, ni par la pluie, ni par les courans d'eau, ni par l'eau tombant des gouttières, on voit le parti que l'on en peut tirer pour faire des statues et des bas-reliefs en plâtre qui

résisteraient probablement aux injures de l'air ; et si, d'un autre côté, nous faisons remarquer que cet enduit peut être uni à du savon de cuivre et de fer, qui donne le vert antique, et dont la teinte est indestructible ; si nous ajoutons qu'il remplit tous les pores du plâtre sans rien laisser à la surface, sans former d'épaisseur, sans empâter les finesses de la gravure et sans rendre *flous* les traits qui y sont sculptés, on en conclura qu'il sera possible de se procurer à bas prix, pour orner nos monumens et peut-être nos jardins, de belles statues de plâtre, qui auront la couleur du bronze, qui se conserveront indéfiniment, et qui seront bien préférables à celles qu'on peint avec des couleurs à l'huile. Les modèles que nous présentons à l'Académie lui feront sans doute partager notre opinion. L'exécution n'offre aucune difficulté.

On prend de l'huile de lin pure ; on la convertit en savon neutre au moyen de la soude caustique ; on y ajoute ensuite une forte dissolution de sel marin, et l'on pousse la cuisson jusqu'au point de donner une grande densité à la lessive, et d'obtenir le savon nageant en petits grains à la surface de la liqueur. Le tout est mis sur un carrelet, et quand le savon est bien égoutté, on le soumet à la presse pour en exprimer le plus de lessive possible. Alors on le fait dissoudre dans de l'eau distillée, et on passe la dissolution chaude à travers un linge fin. D'un autre côté, on fait dissoudre dans l'eau également distillée un mélange de 80 parties de sulfate de cuivre et de 20 de sulfate de fer du commerce ; on filtre la liqueur, et après en avoir fait bouillir une partie dans un vase de cuivre bien propre, on y verse peu à peu de la dissolution de savon jusqu'à ce que la disso-

lution métallique soit complètement décomposée. Ce point de décomposition étant atteint, une nouvelle quantité de dissolution de sulfates de cuivre et de fer doit être versée dans le vase, la liqueur agitée de temps en temps et portée à l'ébullition. De cette manière, le savon, sous forme de flocons, se trouve lavé dans un excès de sulfate; après quoi, il doit l'être successivement à grande eau bouillante et à l'eau froide; puis il est pressé dans un linge pour l'essuyer et le sécher le plus possible, et c'est dans cet état que l'on s'en sert, comme il va être dit:

On fait cuire 1 kilogramme d'huile de lin pure avec 250 grammes de litharge pure en poudre très-fine. On passe le produit dans un linge et on le laisse déposer à l'étuve; il se clarifie assez promptement.

Cela fait, on prend:

| | |
|---|---|
| D'huile de lin cuite..... | 300 grammes. |
| De savon de cuivre et de fer... | 160 |
| De cire blanche pure..... | 100 |

On fait fondre le mélange à la vapeur ou au bain-marie, dans un vase de faïence; on le tient fondu pour laisser dégager le peu d'humidité qui s'y trouve; on fait chauffer le plâtre jusqu'à 80 ou 90 degrés centigrades, dans une étuve; puis on l'en retire et l'on y applique le mélange fondu.

Lorsque le plâtre se refroidit assez pour que le mélange n'y pénètre plus, on remet le plâtre à l'étuve, on le chauffe de nouveau à 80 ou 90 degrés, et l'on continue d'y appliquer la couleur grasse jusqu'à ce que le plâtre en ait absorbé assez. Le plâtre est alors remis encore à l'étuve pendant quelques instans, pour qu'il

ne reste pas de couleur à sa surface, et pour que toutes les finesses de la sculpture paraissent et ne soient pas empâtées. A cette époque, on le retire de l'étuve, on le fait refroidir à l'air, on l'y laisse exposé dans un endroit couvert pendant quelques jours, ou plutôt tant qu'il n'a pas perdu l'odeur de la composition ; on le frotte avec du coton ou un linge fin, et le travail est fini.

Si les pièces à préparer étaient petites, il faudrait les tremper dans la composition fondue, les retirer, les secouer et les essuyer d'un côté pour faire pénétrer la composition qui se trouverait à la surface opposée : le même effet serait produit en présentant cette surface devant un feu clair.

Si les pièces à préparer étaient trop grandes, on aurait recours au réchaud de doreur.

En mettant de l'or en coquille sur les points culminans du plâtre, et préparant ensuite le plâtre, comme il vient d'être dit, on obtiendrait la patine antique avec le bronze métallique apparent dans les endroits saillans.

Une plus grande quantité de savon de fer dans l'enduit procurerait facilement la patine rougeâtre que présentent certains bronzes.

Le savon de fer seul donnerait une teinte rouge-brune ; les savons de zinc, de bismuth et d'étain, imiteraient le marbre blanc.

L'on pourrait teindre les plâtres avec des dissolutions alcooliques ou aqueuses de substances colorantes, et appliquer sur ces plâtres teints les savons métalliques : il en résulterait un grand nombre de nuances différentes.

Dans tous les cas, de l'huile de lin cuite pourrait être coulée dans l'intérieur des statues pour les rendre plus imperméables à l'humidité, et pour employer moins de composition colorée.

Nous n'avons pas fait d'autres épreuves que celles que nous venons de rapporter; mais elles suffisent pour nous convaincre que l'on pourra employer avec économie l'enduit de résine ou de cire et d'huile de lin lithargirée, pour préserver de l'humidité les rez-de-chaussée et les prisons; pour empêcher les bassins et les citernes de fuir; pour s'opposer aux infiltrations des voûtes et des terrasses; pour contenir l'eau dans le plâtre, qui prend si aisément toutes les formes que l'art veut lui donner; pour enduire les statues de pierre tendre, les médailles en plâtre et beaucoup d'autres objets, tels que vases, bas-reliefs, colonnes, mitres de cheminée, corniches, entablemens, etc.; enfin, pour conserver les grains dans les *sylos* : applications importantes dont la société, si nous ne sommes pas dans l'erreur, tirera un grand parti.

---

## Quatrième Mémoire *sur les Canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses.*

Par Mr P. S. Girard.

Après avoir développé dans nos trois Mémoires précédens les divers avantages que l'on trouve à réduire la chute des écluses pour obtenir tout-à-la-fois l'économie

de l'eau nécessaire à l'entretien de la navigation et l'économie d'argent dans la dépense de construction des ouvrages, nous allons dans celui-ci considérer les écluses mises en activité, et rechercher comment la durée de leurs manœuvres peut modifier les avantages que nous venons d'indiquer.

Jusqu'à présent les écluses des canaux de navigation ne paraissent pas avoir été envisagées sous leur véritable point de vue. Elles ne doivent pas être des monumens d'architecture hydraulique, mais de simples appareils, au moyen desquels, à l'aide d'un certain volume d'eau qui tombe d'une certaine hauteur, on fait monter ou descendre des poids déterminés, c'est-à-dire des bateaux plus ou moins chargés. Rentrant ainsi dans la classe des machines les plus simples, on doit en établir la discussion en les considérant successivement dans leur état de repos et dans leur état de mouvement : c'est, comme on voit, sous ce dernier point de vue qu'il nous reste à les examiner.

Lorsque nous avons avancé qu'en réduisant la chute des écluses on pouvait obtenir, sur la dépense d'eau des canaux de navigation, une économie plus grande qu'on ne l'avait pensé jusqu'alors, on objecta que, par cette réduction de chute, le nombre de ces ouvrages pouvait devenir tel sur une longueur donnée de canal, que l'accroissement de dépenses en argent résultant de leur construction, l'emporterait sur l'économie d'eau qu'on obtiendrait par la réduction de chute dont il s'agit.

Quoique l'économie de l'eau soit toujours la plus importante de celles qu'on doit avoir en vue quand on entreprend un canal de navigation, puisque la possibilité

ou l'impossibilité de l'établir, dépend du volume d'eau disponible pour son entretien, cependant, sans avoir égard à cette considération, nous avons recherché dans notre troisième Mémoire les rapports théoriques qui existent entre la dépense de construction des écluses et leur nombre, sur une partie du canal dont les extrémités sont données, et nous sommes parvenus à démontrer 1° que les chutes d'écluses demeurant telles qu'on est dans l'usage de les établir, la dépense de leur construction s'accroît plus rapidement que leur nombre n'augmente; 2° qu'il est toujours possible de racheter une pente quelconque par des écluses de chute différente, dont la dépense de construction soit la même. Ce dernier théorème, d'une application facile à la pratique, lève toutes les objections que l'on fondait sur la prétendue augmentation de dépense en argent de ces ouvrages résultant de l'augmentation de leur nombre entre deux points fixes.

Reste l'objection fondée sur la dépense du temps employé à parcourir un certain développement de canal, dépense qui s'accroît à mesure que la chute des écluses qui y sont établies devient moindre, de telle sorte, a-t-on dit, que la perte de temps qu'exigeraient des passages d'écluses trop multipliées sur un espace donné, ne serait pas compensée par l'économie d'eau et d'argent que l'on pourrait obtenir dans la manœuvre ordinaire d'écluses à petites chutes, et dans les premiers frais de leur établissement.

La recherche de l'expression rigoureuse du temps dont il s'agit va réduire cette dernière objection à sa juste valeur.

Supposant d'abord le cas le plus simple, celui d'un seul bateau qui monte ou qui descend une portion de canal dont les écluses sont isolées, nous observerons que, soit qu'il monte ou qu'il descende, on aperçoit toujours le bateau d'assez loin pour qu'avant son arrivée à l'écluse qu'il doit franchir, on ait le temps de remplir ou de vider le sas de cette écluse, de sorte que la durée totale du trajet se compose: 1° du temps employé à parcourir le développement entier des biefs du canal; 2° du temps employé à en remplir ou évacuer successivement tous les sas quand le bateau y a été introduit.

Cela posé :

Faisons le développement de la partie donnée de canal..... $= l$;

Sa pente totale..... $= a$;

La chute de chacune de ses écluses..... $= x$;

Leur nombre..... $= n$;

La longueur d'un sas..... $= L$;

Sa superficie..... $= S$;

La superficie de l'orifice par lequel on introduit l'eau du sas dans le bief inférieur et l'eau du bief supérieur dans le sas..... $= O$;

La gravité..... $= g$;

Le temps employé pour parcourir successivement tous les biefs..... $= \tau'$;

Le temps employé pour remplir ou pour vider successivement tous les sas..... $= \tau''$;

L'espace parcouru dans les biefs pendant une seconde qui est ici l'unité de temps.... $= i$;

Enfin, la durée entière du trajet..... $= \tau$.

Nous avons d'abord :

$$i : 1 :: l : \tau' = \frac{l}{i}.$$

En second lieu, le temps du remplissage ou de l'évacuation d'un sas étant, comme on sait, par les lois de l'hydraulique,

$$\frac{2S\sqrt{x}}{O\sqrt{2}} \text{ (1)},$$

nous aurons :

$$\tau'' = \frac{2Sn\sqrt{x}}{O\sqrt{2g}},$$

ou bien à cause de $nx = a$, $\tau'' = \frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}$;

donc :

$$\tau + \tau'' = \tau = \frac{l}{i} + \frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}.$$

Prenons pour exemple d'une application de cette formule le canal de Soissons destiné à joindre le canal de l'Ourcq à celui de Saint-Quentin, entre le port aux Perches sur l'Ourcq, et Manicamp sur la rivière d'Oise.

Suivant le projet que nous en avons rédigé (2) :

$l = 60163$ mètres ;
$a = 123^m,575$ ;
$n = 100$ ;
$L = 34$ ;
$S = 88^m,40$ ;
$O = 0^m,25$ ;
$g = 9^m,808795$.

---

(1) *Architecture hydraulique de Prony*, t. 1, p. 338.

(2) *Mémoire sur le Canal de Soissons*, 1824.

Supposons de plus que le hallage soit fait par des hommes ou par des chevaux, et que le bateau parcoure 2000 mèt. par heure, la seconde étant prise pour unité de temps, on a :

$$i = \frac{2000^{m}}{3600} = 0^{m},555.$$

La substitution de ces valeurs numériques dans l'expression générale de $\tau$ devient :

$$\tau = \frac{60163^{m}}{0,555} + 176,8 \frac{\sqrt{12357,5}}{0,25\sqrt{19,618}}$$
$$= 126014'' = 35 \text{ heures.}$$

Si, au lieu de supposer aux écluses du canal de Soissons $1^{m},235$ de chute, on leur en supposait $3^{m},745$, on aurait $n = 33$, et la valeur de $\tau$ deviendrait :

$$\tau = \frac{60163}{0,555} + 176,8 \frac{\sqrt{4077,8}}{0,25\sqrt{19,618}}$$
$$= 118384'' = 32 \text{ heures } 55 \text{ minutes.}$$

Ainsi il n'y aurait qu'une différence de 2 heures 5 minutes dans le trajet d'un canal de 60,163 mètres de développement et de $123^{m},57$ de chute totale, en supposant cette chute rachetée ou par 100 écluses de $1^{m},235$, ou seulement par 33 écluses de $3^{m},745$.

Mais une considération importante rend beaucoup moindre encore la différence que nous venons de trouver dans la durée du trajet du canal de Soissons qui a été pris pour exemple, suivant que l'on donnerait à ses écluses de grandes ou de petites chutes.

Il arrive en effet presque toujours que pour ouvrir les portes d'un sas dont un bateau doit sortir, on n'at-

tend pas que la surface de l'eau se soit mise parfaitement de niveau en amont et en aval de ces portes ; car une dénivellation de 3 à 4 centimètres ne présente qu'un très-léger obstacle à leur ouverture, tandis que le temps nécessaire pour faire disparaître entièrement cette dénivellation est toujours plus long que le temps nécessaire pour faire sortir entièrement le bateau du sas.

L'expression de $\tau$ trouvée ci-dessus, peut donc être diminuée au moins du temps nécessaire pour parcourir tous les sas du canal, comme s'ils faisaient partie des biefs : on aura par conséquent :

$$\tau = \frac{l}{i} + \frac{2\,S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}} - \frac{nL}{i}.$$

Pour le canal de Soissons $L = 34$ mèt.; et en supposant 100 écluses de $1^{m},235$ de chute, on a :

$$\tau = \frac{60163^{m}}{0,555} + \frac{176,8\sqrt{12357,5}}{0,25\sqrt{19,618}} - \frac{3400}{0,555}$$

$$= 119894'' = 33 \text{ heures } 18 \text{ minutes.}$$

Tandis que, dans l'hypothèse de 33 écluses de $3^{m},745$ de chute chacune, on a :

$$\tau = \frac{60163}{0,555} + \frac{176,8\sqrt{4077,8}}{0,25\sqrt{19,618}} - \frac{1122}{0,555}$$

$$= 116865'' = 32 \text{ heures } 34 \text{ minutes.}$$

En calculant ainsi la durée du trajet du canal de Soissons, on voit qu'il n'y aurait que 44 minutes de différence dans cette durée, en supposant la pente de ce canal rachetée, soit par 100 écluses de $1^{m},235$ de chute chacune, soit par 33 écluses de $3^{m},745$.

Cet exemple, dans lequel nous avons regardé les écluses d'un canal de navigation comme isolées les unes des autres, suffit pour montrer, 1° qu'en général, le temps employé à les traverser n'est ordinairement qu'une faible partie de celui qui est employé à parcourir les biefs de ce canal; 2° que dans celui pris pour exemple, le retard occasioné dans son trajet, lorsqu'on réduit au tiers la chute de ses écluses, ou, ce qui revient au même, lorsqu'on triple leur nombre, n'est guères que la quarante-huitième partie environ de la durée totale de ce trajet.

Nous n'avons eu besoin pour assigner le temps du remplissage ou de l'évacuation d'une écluse isolée, que d'appliquer à cette recherche une des formules les plus simples de l'hydrodynamique. La question se complique lorsqu'il s'agit d'assigner la durée du remplissage ou de l'évacuation des sas contigus d'une écluse multiple qui ont été mis simultanément en communication les uns avec les autres. Mais cette question ne se présentera pas dans l'usage ordinaire, attendu que le corps d'écluses qu'un bateau doit remonter ou descendre, peut toujours être chargé ou déchargé d'eau assez à temps, pour que ce bateau soit introduit dans le sas inférieur ou dans le sas supérieur au moment même où il arrive au pied ou au sommet de cette écluse multiple.

Supposons donc que, pour préparer l'ascension d'un bateau, le nombre $n-2$ des sas d'une écluse multiple, compris entre le premier et le dernier, aient été préalablement remplis au-dessus de leur profondeur ordinaire d'un prisme d'eau que l'on désigne sous le nom de *prisme de remplissage*, la hauteur de ce prisme sera égale à la chute commune des écluses, et il est clair

qu'immédiatement après l'introduction du bateau dans le sas inférieur $E_n$, l'eau se trouvera plus élevée dans le sas contigu $E_{n-1}$ d'une quantité $= 2\,x$.

Le temps employé pour mettre l'eau de niveau dans les sas $E_n$ et $E_{n-1}$ sera donc représenté par :

$$\frac{S\sqrt{2x}}{O\sqrt{2g}} = \frac{S\sqrt{x}}{O\sqrt{g}} = \theta'.$$

Le temps employé pour mettre le sas $E_{n-1}$ de niveau avec le sas $E_{n-2}$, sera pareillement :

$$\frac{S\sqrt{x}}{O\sqrt{g}} = \theta';$$

Et ainsi du temps employé pour faire passer le bateau dans tous les sas, excepté pour le faire passer du sas $E'$ dans le bief supérieur où le niveau reste constant : la durée du remplissage du sas supérieur $E'$ est alors, comme on sait, exprimée par :

$$\frac{2\,S\sqrt{x}}{O\sqrt{2g}} = \frac{S\sqrt{2}\cdot\sqrt{x}}{O\sqrt{g}} = \theta'';$$

la durée totale $\theta$ de l'ascension du bateau à travers l'écluse multiple sera donc :

$$\theta = \theta'(n-1) + \theta'' = (n-1)\frac{S\sqrt{x}}{O\sqrt{g}} + \frac{S\sqrt{x}\,\sqrt{2}}{O\sqrt{g}} =$$

$$\frac{S\sqrt{x}}{O\sqrt{g}}(n-1+\sqrt{2}).$$

Tous les sas étant maintenant supposés évacués, on trouvera de même pour la durée de la descente d'un bateau par la même écluse multiple :

$$\theta = \frac{S\sqrt{x}}{O\sqrt{g}}(n-1+\sqrt{2}),$$

ou bien à cause de $x = \frac{a}{n}$,

$$\theta = \frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{n-1+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right);$$

d'où l'on voit que le temps de la montée ou de la descente d'un seul bateau sera toujours d'autant plus grand, que le nombre $n$ des sas de l'écluse multiple sera lui-même plus considérable.

Il n'en est pas toujours ainsi lorsque les bateaux cheminent en convoi. En effet, dès que le premier bateau d'un convoi ascendant (*fig.* 1re) sera passé dans le troisième sas $E_{n-2}$ à partir du bief inférieur, le deuxième sas $E_{n-1}$ d'où il sort, se trouvera rempli de l'eau du sas $E_{n-2}$ qui vient d'y être versée, et le sas $E_n$ pourra se trouver évacué.

On y fera alors entrer le deuxième bateau du convoi qui passera à son tour dans le sas $E_{n-2}$.

Alors le troisième bateau du convoi entrera dans $E_n$, et continuera de cheminer comme les précédens, de sorte que, pendant l'ascension du convoi, l'écluse multiple contiendra au même instant un certain nombre de bateaux séparés les uns des autres par un seul sas.

Le temps employé par le premier bateau à passer du bief inférieur $B''$ dans le bief supérieur $B'$, sera, comme on vient de le trouver,

$$\theta = \frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{n-1+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right).$$

Mais, pendant ce temps-là, le deuxième bateau a lui-même franchi tous les sas de l'écluse jusqu'au sas $E_2$

dans lequel il entre au moment même où le premier bateau est introduit dans le bief supérieur ; par conséquent il ne faut plus à ce second bateau pour passer dans ce bief qu'un temps exprimé par :

$$''\theta = \frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{1+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right);$$

lequel est toujours d'autant moindre que le nombre des sas de l'écluse multiple est plus grand.

Il est évident que, pendant la montée de ces deux premiers bateaux du convoi, le troisième arrivera au sas $E_{''}$, et pour qu'il entre dans le bief supérieur $B'$, il ne faudra plus qu'un temps

$$'''\theta = \frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{1+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right).$$

On trouvera de même pour le temps employé par le quatrième bateau à passer du sas $E_{''}$ dans le bief supérieur :

$$^{\text{IV}}\theta = \frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{1+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right);$$

et ainsi de suite, jusqu'au dernier bateau du convoi ; de sorte qu'en désignant par $^{N}\theta_{n}$ le temps qu'un convoi composé d'un nombre $N$ de bateaux emploie à traverser une écluse multiple d'un nombre $n$ de sas, on aura :

$$^{N}\theta_{n} = '\theta + ''\theta + '''\theta + ^{\text{IV}}\theta + \ldots\ldots {}^{N}\theta$$

$$= \frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\frac{(n-1+\sqrt{2})}{\sqrt{n}} + (N-1)\frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\frac{(1+\sqrt{2})}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{n-2+N(1+\sqrt{2})}{\sqrt{n}}\right).$$

Les trois quantités ${}^{N}\theta_{n}$, $n$, et $N$ sont, comme on voit, fonction l'une des deux autres, de sorte qu'elles peuvent être considérées comme les coordonnées d'une surface courbe, dont l'équation sera, en faisant pour abréger :

$$\frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}} = A$$

$${}^{N}\theta_{n} = A\left(\frac{n - 2 + N(1+\sqrt{2})}{\sqrt{n}}\right).$$

Si l'on suppose le temps ${}^{N}\theta_{n}$ constant et $\frac{{}^{N}\theta_{n}}{A} = B$, on aura :

$$B = \frac{n - 2 + N(1+\sqrt{2})}{\sqrt{n}},$$

équation de la projection sur le plan des coordonnées $n$, et $N$ de l'intersection de la surface qu'on aura construite par un plan parallèle à celui de ces coordonnées, d'où l'on tire toutes réductions faites.

$$n = \left(1 + \frac{B^2}{2} - N(1+\sqrt{2})\right) \pm \sqrt{2N(1+\sqrt{2})\left(1 - \frac{B^2}{2}\right) + \left(1 + \frac{B^2}{2}\right)^2 - 4},$$

laquelle appartient à une parabole, ce qui montre qu'un convoi d'un nombre déterminé $N$ de bateaux pourra franchir dans le même temps une écluse multiple dont la chute totale est donnée, soit que dans l'expression du nombre variable $n$ des sas de cette écluse on affecte du signe $+$ ou du signe $-$ la quantité radicale qui entre dans cette expression. Ainsi l'on peut toujours satisfaire à la question par deux hypothèses différentes de distributions de chute.

Supposons maintenant que la même chute d'une écluse multiple soit répartie en un nombre $n'$ de sas accolés, on aura, pour le temps du passage ${}^{N'}\theta'_{n'}$ d'un nombre $N'$ de bateaux à travers cette écluse,

$$\frac{{}^{N'}\theta'_{n'}}{A} = \frac{n' - 2 + N'(1 + \sqrt{2})}{\sqrt{n'}}.$$

Si l'on suppose égaux entr'eux les temps ${}^{N}\theta_{n}$ et ${}^{N'}\theta'_{n'}$ de la traversée des deux écluses multiples de même chute totale, on aura :

$$\frac{n - 2 + N(1 + \sqrt{2})}{\sqrt{n}} = \frac{n' - 2 + N'(1 + \sqrt{2})}{\sqrt{n'}},$$

équation qui exprime le rapport qu'ont entre elles les quatre quantités $N, N'$, $n$, et $n'$, on en tire

$$N' = N\frac{\sqrt{n'}}{\sqrt{n}} + \frac{(\sqrt{n'}(n-2) - \sqrt{n}(n'-2))}{\sqrt{n}(1+\sqrt{2})}.$$

Si l'on suppose $N' = N$, on trouve :

$$N = \frac{\sqrt{nn'} + 2}{(1 + \sqrt{2})};$$

expression très-simple du nombre de bateaux qui traverseraient dans le même temps deux écluses multiples dont la même chute totale $a$ serait rachetée par des nombres différens $n$ et $n'$ de sas accollés.

Pour faire une application de ces formules à un cas qui soit généralement connu, cherchons de quel nombre de

bateaux devrait être formé un convoi ascendant pour traverser, dans le même temps, 24 écluses accollées, qui seraient substituées aux sept sas actuels de l'écluse de Rogny sur le canal de Briare, lesquels rachètent, comme on sait, une pente totale de $23^{m},253$.

Nous avons ici $n' = 24$, et $n = 7$, et ces valeurs introduites dans l'expression

$$N = \frac{\sqrt{nn'} + 2}{+1\sqrt{2}}$$

donnent

$$N = 6,197;$$

c'est-à-dire qu'un convoi de six bateaux traversera les deux écluses multiples de 7 et de 24 sas accollés à très-peu près dans le même temps.

Supposons en second lieu qu'un convoi de 25 bateaux traverse les écluses actuelles de Rogny dans un temps donné, et cherchons de quel nombre de bateaux serait composé un convoi qui traverserait dans le même temps les 24 sas qui racheteraient la même chute totale.

Nous aurons, comme ci-dessus,

$$n = 7 \text{ et } n' = 24;$$

et de plus $N = 25$.

Ces valeurs étant substituées dans la formule

$$N' = N\frac{\sqrt{n'}}{\sqrt{n}} + \frac{(\sqrt{n'}(n-2) - \sqrt{n}(n-2))}{\sqrt{n} + (1\sqrt{2})};$$

on en tire $N' = 41$ bateaux.

Il serait superflu de pousser plus loin les applications que nous pourrions faire des formules auxquelles nous sommes parvenus.

Il nous suffira de remarquer que le temps de la des-

cente d'un convoi de bateaux par une écluse multiple, est précisément le même que le temps de la montée du même convoi par la même écluse : ainsi ce qui vient d'être dit s'applique également à la traversée de cette écluse dans l'un ou l'autre sens.

Nous allons maintenant comparer le temps de la traversée d'un certain nombre d'écluses simples au temps de la traversée d'une écluse multiple qui racheterait la même pente par un même nombre de sas accollés.

On a rappelé précédemment que le temps nécessaire à la montée d'un bateau par une écluse simple était exprimé par :

$$\frac{2S\sqrt{x}}{O\sqrt{2g}}.$$

Lorsqu'un second bateau doit monter à la suite du premier, il faut d'abord évacuer le sas, et cette partie de la manœuvre exige un temps égal $\frac{2S\sqrt{x}}{O\sqrt{2g}}$.

Le second bateau étant introduit et enfermé dans le sas, on doit remplir celui-ci de nouveau pour faire passer ce bateau dans le bief supérieur, et cette dernière partie de la manœuvre exige encore le même temps

$$\frac{2S\sqrt{x}}{O\sqrt{2g}}.$$

La durée totale du temps employé pour opérer la montée du second bateau sera donc :

$$\frac{2\left(2S\sqrt{x}\right)}{O\sqrt{2g}}.$$

Le troisième, le quatrième, et généralement tous les bateaux dont un convoi ascendant sera composé, exigeront précisément le même temps ; ainsi le nombre des bateaux de ce convoi étant toujours représenté par $N$, la durée de son passage à travers une écluse simple sera exprimée par :

$$\left(2(N-1)+1\right)\frac{\left(2S\sqrt{x}\right)}{O\sqrt{2g}}.$$

Il faudra le même temps au même convoi pour passer une seconde écluse simple de même chute ; de sorte que si, pour racheter la pente totale $a$ d'une portion de canal comprise entre deux points fixes, il faut le nombre $n$ d'écluses isolées, le temps $\tau''$ nécessaire pour les franchir sera :

$$\tau''=n\left(2(N-1)+1\right)\frac{\left(2S\sqrt{x}\right)}{O\sqrt{2g}},$$

ou bien à cause de $x=\frac{a}{n}$

$$\tau''=\sqrt{2n}\,(2N-1)\frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}.$$

Mais on a vu que le temps employé par le même convoi pour traverser une écluse multiple qui racheterait la même pente totale $a$ au moyen du même nombre $n$ de sas accollés, avait pour expression :

$${}^{N}\theta_n=\frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\,\frac{\left(n-2+N(1+\sqrt{2})\right)}{\sqrt{n}};$$

on a donc cette proportion :

$$\tau'' : {}^{N}\theta_n :: \sqrt{2n}(2N-1) : \frac{n-2+N(1+\sqrt{2})}{\sqrt{n}}$$

$$:: n\sqrt{2}(2N-1) : n-2+N(1+\sqrt{2}),$$

et l'on aura

$$\tau'' > {}^{N}\theta_n$$

$$\text{ou } \tau'' < {}^{N}\theta_n$$

suivant que l'on aura l'une ou l'autre de ces deux inégalités.

$$n\sqrt{2}(2N-1) > n-2+N(1+\sqrt{2})$$

$$n\sqrt{2}(2N-1) < n-2+N(1+\sqrt{2}),$$

lesquelles reviennent à celles-ci :

$$N > \frac{n(1+\sqrt{2})-2}{2n\sqrt{2}-(1+\sqrt{2})}$$

$$N < \frac{n(1+\sqrt{2})-2}{2n\sqrt{2}-(1+\sqrt{2})}.$$

Or, si l'on donne à $n$ une valeur plus grande que l'unité, c'est-à-dire, si l'écluse est composée de deux ou d'un plus grand nombre de sas, les seconds termes des inégalités précédentes deviennent des quantités fractionnaires.

D'un autre côté, quel que soit le nombre de bateaux formant le convoi, ce nombre sera toujours un nombre entier; on aura donc toujours, sauf le cas particulier de $n = N = 1$,

$$N > \frac{n(1+\sqrt{2})-2}{2n\sqrt{2}-(1+\sqrt{2})},$$

et par conséquent

$$\tau'' > {}^{N}\theta_{n};$$

c'est-à-dire, qu'un convoi d'un nombre quelconque de bateaux emploiera toujours plus de temps à traverser successivement un certain nombre d'écluses simples d'égale chute, qu'il n'en emploiera à traverser un corps d'écluses multiples, qui racheterait la même pente par un nombre de sas accollés égal à celui des écluses simples.

D'où il suit qu'en ayant seulement égard au temps employé à parcourir un canal de navigation, il convient, pour abréger la durée de ce trajet, de distribuer la pente de ce canal en écluses multiples, et d'y faire naviguer les bateaux en convois.

(*La fin au Cahier prochain.*)

---

## Supplément *à mon premier Mémoire sur la Distillation des corps gras.*

Par M. Dupuy.

On a révoqué en doute, 1°. la possibilité de distiller les matières grasses sous la pression de 76°, sans les porter à l'ébullition ; 2°. la possibilité d'obtenir un produit liquide en les faisant bouillir, et l'on a conclu qu'à l'époque de la publication de mon premier Mémoire, je n'avais pas distillé de suif.

Quoique bien convaincu de l'exactitude des faits que j'ai avancés, j'ai voulu, avant de répondre aux doutes que l'on a cherché à jeter sur mes résultats, entreprendre de nouvelles expériences, 1°. pour établir ces faits avec plus de développement que je ne l'avais fait d'abord; 2°. pour démontrer que si MM. Bussy et Lecanu n'ont pas obtenu les mêmes résultats que moi, c'est qu'ils ont opéré leurs distillations dans des circonstances bien différentes de celles où j'ai fait les miennes.

Je ne conçois pas la difficulté que ces Messieurs ont d'admettre la possibilité de distiller sous la pression de 76$^{c}$, un corps qui produit de la vapeur quand il est placé dans une cornue à laquelle est adapté un récipient beaucoup plus froid. Il est évident que la vapeur produite s'y condense, et que le vide qui en résulte permet à une nouvelle quantité de matière grasse de se volatiliser. Je ne conçois pas davantage qu'ils se refusent à admettre la possibilité d'obtenir un produit liquide lorsqu'on porte ces mêmes substances à l'ébullition; la mobilité de leurs élémens permet cependant de prévoir que, selon que la température sera plus ou moins élevée et que le corps soumis à l'expérience sera plus ou moins long-temps sous son influence, les produits qui en résulteront pourront différer dans leurs propriétés.

Afin de lever tous les doutes, je décrirai l'appareil que j'ai employé, et les circonstances dans lesquelles mes opérations ont été faites.

Je nommerai, 1°. *distillation par évaporation*, la distillation d'un corps gras sans ébullition; 2°. *distillation par ébullition lente*, celle où l'on distille un corps gras

en le faisant bouillir lentement ; 3°. *distillation par ébullition rapide*, celle où l'on distille un corps gras en le faisant bouillir rapidement.

*Appareil qui a servi aux trois opérations.*

Il est composé d'une cornue, d'une alonge et d'un ballon tubulé, à la tubulure duquel est adapté un long tube ouvert, pour le dégagement des gaz ; pour la distillation rapide, il est nécessaire d'adapter un tube recourbé que l'on plonge dans un flacon plein d'eau afin de condenser les acides volatils, et parfois une portion des acides gras qui se trouvent entraînés ; car la température est tellement élevée que les luts sont en partie carbonisés ; la cornue contenant la matière grasse est placée sur un fourneau et maintenue au-dessus du feu par un triangle.

1°. *Distillation par évaporation.*

*Opération.* Si on chauffe dans une cornue 500 gr. d'huile ou de suif, la matière grasse employée se colore peu à peu, et bientôt on aperçoit des vapeurs dans la panse et le col de la cornue ; ces vapeurs se condensent, et il se produit alors une nouvelle émission de vapeurs, quoique la chaleur soit insuffisante pour qu'il y ait ébullition. Le produit de l'huile d'olive est pris en masse à 20° cent. ; celui du suif à 30° ; quand il ne s'évapore plus de matière grasse, si l'on élève la température du résidu jusqu'à l'ébullition, on obtient un produit liquide.

La distillation par évaporation est très-lente ; car, pour obtenir toute la matière grasse solide que 500 gr. d'huile

ou de suif sont susceptibles de fournir, il faut employer de 150 à 160 heures.

*Résultat de la distillation par évaporation, de 500 gr. de suif de mouton.*

Deux produits solides :

Le premier est blanc ; il pèse 394g,15.

A 48°, il est limpide ;

47 , il commence à se troubler ;

42 , il est en masse molle que le thermomètre traverse sans peine ;

38 , il a la consistance de l'huile d'olive congelée ;

35 , la plus grande partie de la matière est solidifiée , mais le tout est encore mou ;

20 , il est cassant.

Le second est roux , de consistance molle ; il pèse 25g,35.

A 53°, il est limpide ;

52 , il commence à se troubler ; on y distingue de petits cristaux brillans qui nagent au milieu du liquide ;

46 , liquide trouble , mais encore très-mobile ;

42 , liquide , un peu plus trouble , un peu moins mobile ;

38 , encore liquide , contenant beaucoup de petits cristaux entrelacés ;

20 , en masse molle , analogue à de l'huile d'olive congelée.

Le résidu de la cornue porté à l'ébullition a donné un produit liquide ; il pèse 49,75.

Il ne se trouble pas en le laissant en contact pendant plusieurs heures avec de la neige à o.

2°. *Distillation par ébullition lente.*

*Opération.* Si l'on chauffe dans une cornue 500 gr. de suif, de manière qu'ils bouillent lentement, on obtient un produit liquide à la température de 20° cent. Ce n'est que par un abaissement de température qu'il s'en cristallise une partie.

J'ai recueilli le produit d'une distillation de suif à quatre époques différentes. Le premier produit était liquide, jaune-ambré; ce n'est qu'après avoir été gardé plusieurs jours à la cave, qu'il a abandonné des cristaux d'acide margarique. Le deuxième contenait quelques cristaux du même acide; il était verdâtre; il a bruni quelques jours après avoir été distillé; exposé à la cave, la quantité des cristaux a augmenté sensiblement, mais la plus forte partie était liquide à o; le liquide qui recouvrait les cristaux égalait le tiers du produit. Le troisième était brun comme le premier; il n'a pas abandonné de cristaux, même à o. Le quatrième, plus brun, n'a rien laissé déposer.

*Résultat d'une distillation par ébullition lente, de 500 gr. de suif de mouton.*

Un seul produit; il pèse 435g,5.

A 20°, il est limpide;

14 , il est légèrement trouble;

10 , il est opaque.

Plongé dans la neige à o, il se prend en masse; mais il y a une telle quantité de liquide, que par l'agitation

la matière est mobile comme un liquide mêlé d'une petite quantité de matière solide ; sa consistance n'augmente pas même en prolongeant l'immersion pendant quatre heures.

Si, après l'avoir fondu, on le laisse refroidir tranquillement, les acides cristallisables se précipitent et la portion liquide est parfaitement limpide.

Pour obtenir ce résultat, il faut que l'ébullition soit continuée pendant dix-huit à vingt-quatre heures que dure l'opération.

### 3°. *Distillation par ébullition rapide.*

*Opération.* Si l'on prend 500 gr. de suif, et si la distillation est faite dans l'espace de huit à dix heures, le produit obtenu est opaque et d'une consistance de miel un peu coulant, à la température de 20° ; tandis que si du moment où la matière grasse commence à bouillir jusqu'à ce qu'il ne reste plus que quelques grammes d'huile empyreumatique dans la cornue, il ne s'est écoulé qu'un quart d'heure environ, le produit est tout-à-fait solide et se prend en masse à la température de 20° cent.

### *Résultat d'une distillation par ébullition rapide de 500 gr. de suif de mouton.*

(On a négligé de pousser la distillation jusqu'à la fin ; la cornue contenait encore quelques grammes de matière brune.)

Un seul produit ; il pèse 441,50.

A 48°, il est limpide ;
47 , il commence à se troubler ;
42 , il est opaque ;
35 , il a la consistance de l'huile d'olive congelée ;
20 , il a repris sa consistance primitive ; il n'est pas cassant.

*Résultat d'une même distillation faite au Jardin du Roi.*

Deux produits.
Le premier est roux ; il pèse 400.
A 43°, il est limpide ;
42 , il commence à se troubler ;
40 , il est opaque, mais très-mobile ;
30 , il a la consistance de l'huile d'olive congelée ;
20 , il est en masse tout-à-fait solide.

Deuxième produit, recueilli dans l'eau placée à la suite du ballon ; il est presque blanc ; il pèse 30 gr.
A 25°, il est limpide ;
24 , il est légèrement trouble ;
23 , il est tout-à-fait opaque, mais très-mobile ;
10 , il a la consistance de l'huile d'olive congelée.

L'exposé de ces faits est suffisant, je crois, pour établir, 1°. que si l'on distille de la graisse par évaporation, le produit est plus solide que celui qu'on obtient des distillations faites par ébullition (résultat que j'ai annoncé dans mon premier Mémoire) ; 2°. que la durée d'une distillation faite par ébullition, a la plus

grande influence sur la solidité du produit ; c'est faute d'avoir connu ces résultats, que MM. Bussy et Lecanu les ont regardés comme erronés : tout porte à croire qu'ils ont constamment fait leurs distillations par ébullition plus ou moins rapide.

---

## Mémoire *sur les Sulfo-Sels.*

Par Mr J. Berzelius.

(Extrait des *Transactions de l'Académie royale des Sciences de Stockholm*, 1825, IIe Cahier.)

(Traduit du suédois par M. Fulgence Fresnel.)

Dans mes recherches sur la nature et la composition des sulfures de métaux alcalins (1), j'ai fait voir que les sulfures métalliques électro-positifs qui résultent de la décomposition des bases salifiables par l'hydrogène sulfuré, et renferment par conséquent autant d'atomes de soufre que les oxides détruits contenaient d'atomes d'oxigène, peuvent jouer le rôle de bases salifiables à l'égard des sulfures métalliques électro-négatifs, et, en se combinant avec eux, former des sels dont plusieurs sont solubles dans l'eau, et où le soufre tient lieu d'oxigène. C'est cette nouvelle classe de corps que je nomme *sulfo-sels*; et par opposition j'appelle *oxi-sels*

---

(1) *Transactions de l'Académie royale des Sciences*, 1821, p. 145.

ceux qui résultent de la combinaison d'une base oxigénée avec un oxacide.

Du moment où l'on a commencé à fonder l'explication des phénomènes chimiques sur les relations électriques des corps, on a pu prévoir comme une conséquence nécessaire des tendances électriques opposées qui divisent en deux séries tous les corps de la nature, que l'on aurait en chimie deux classes correspondantes de phénomènes analogues entre eux dans les limites d'une même classe. L'analogie entre les combinaisons électro-positives consiste dans la propriété qu'elles ont de se comporter comme des bases salifiables, et la qualité commune aux combinaisons électro-négatives est l'*acidité*, ce mot étant pris dans le sens chimique le plus étendu. Cette notion générale a suffi pour concevoir ce fait auparavant inexpliqué, « qu'un corps hydrogéné qui tend à détruire un oxide-base en même temps qu'il neutralise les propriétés électro-chimiques de son radical, peut avoir une saveur acide et réagir sur les couleurs végétales tout aussi-bien que le même corps combiné avec l'oxigène, et neutralisant l'oxide sans le décomposer. » Le chlore nous en fournit un exemple : à l'état d'acide hydrochlorique (acide muriatique), il détruit les bases oxigénées ; à l'état d'acide chlorique (acide muriatique sur-oxigéné), il se combine avec elles. Les produits de ces deux actions chimiques sont analogues ; tous deux se présentent avec les propriétés caractéristiques des sels : seulement le premier renferme deux élémens, et le second trois ; ou bien, en considérant leur composition sous un autre point de vue, le premier est formé de *deux corps simples* et le second

de *deux corps oxigénés.* Ce que nous appelons *sel* doit donc être défini d'après une certaine relation électro-chimique et sans aucun égard au nombre des élémens constitutifs. Ainsi nous disons que la combinaison du chlore avec le sodium est un sel, parce que ces deux corps anéantissent réciproquement d'une manière complète leurs propriétés électro-chimiques. Mais nous ne rangeons point parmi les sels la combinaison du sodium avec l'oxigène, parce que ce dernier corps, en s'unissant au premier, ne le dépouille pas de ses réactions électriques. Si le chlore neutralise un métal électro-positif, tandis que l'oxigène ne produit pas le même effet, cela ne tient point à la différence d'intensité électro-chimique de ces deux corps; car, en admettant cette cause, on pourrait avoir un oxide de sodium neutre, à défaut de la soude qui se compose de 1 atome de sodium et 2 atomes d'oxigène, en prenant une combinaison où la proportion d'oxigène serait plus forte que dans cet alcali : or, le suroxide de sodium n'est pas neutre; au lieu des réactions électro-positives du sodium, il offre d'une manière prononcée plusieurs des caractères électro-négatifs de l'oxigène. Au contraire, si un métal électro-positif se combine avec le chlore en diverses proportions, toutes ces combinaisons sont des sels. Cette différence caractéristique entre le mode d'action du chlore et celui de l'oxigène ne doit donc pas être attribuée à une inégalité d'énergie électrique; il faut en chercher la cause dans quelque autre différence de constitution entre les matières pondérables qui forment l'oxigène et le chlore.

Sous ce rapport, les corps *électro-négatifs* se divisent en trois classes :

1°. Ceux qui forment des sels avec les métaux électro-positifs en les neutralisant : je nomme *halogènes* (générateurs de sels) les corps de cette première classe ; ce sont le chlore, l'iode et le fluore ;

2°. Ceux qui ne neutralisent pas les métaux, mais produisent avec eux des combinaisons électro-positives et électro-négatives (bases et acides), d'où résultent des sels. Je propose pour ces corps le nom d'*acido-basigènes* ou celui d'*amphigènes* ; toutefois, comme le premier de ces noms est un peu long, et que le second n'exprime pas la nature des substances engendrées, je me servirai par la suite de la dénomination abrégée *basigène*, d'autant que l'acide et la base d'un sel contiennent toujours le même élément électro-négatif. Cette seconde classe comprend l'oxigène, le soufre, le sélénium et le tellure ;

3°. Ceux qui n'ont aucune des propriétés caractéristiques des deux classes précédentes, mais qui forment des acides avec certains corps de la seconde : ce sont l'azote, l'hydrogène, le phosphore, le bore, le carbone, le silicium, l'arsenic et les métaux électro-négatifs.

Par contre, les corps *électro-positifs* forment tous des *sels* avec la première classe, des *bases* avec la seconde, et des *alliages* avec la troisième classe des corps électro-négatifs, et sous ce point de vue peuvent être réunis dans une même catégorie.

Tous les chimistes n'ont pas définitivement admis les fondemens de cette doctrine ; plusieurs reconnaissent encore des sels formés d'un hydracide et d'une base à oxigène, tels que les hydrochlorates et les hydriodates ;

mais cette conception embarrasse la science. Ce n'est pas ici le lieu d'en déduire les preuves, et je me contenterai d'ajouter à ce sujet que si l'on admet qu'une dissolution de sel marin dans l'eau est au sel marin solide comme une dissolution de salpêtre est au salpêtre solide, on admet, par cela même, les bases de la nouvelle doctrine; et que si on les repousse, il faut supposer que la dissolution du sel marin dans l'eau contient un corps (hydrochlorate de soude) appartenant à un autre genre de combinaisons que le sel marin solide, et, sous ce rapport, plus différent de ce dernier que le sulfure de fer, par exemple, ne l'est du sulfate de fer ou vitriol; car le vitriol contient le sulfure de fer combiné seulement avec de l'oxigène, tandis que l'hydrochlorate de soude contiendrait, outre le chloride (chlorure) de sodium, de l'oxigène et de l'hydrogène.

L'objet de ce Mémoire est l'examen des propriétés qui caractérisent la seconde classe des corps électro-négatifs, c'est-à-dire, les basigènes. A cet égard, les propriétés de l'oxigène sont bien connues : or, nous verrons qu'il y a entre ce corps et le soufre une telle parité d'action, que l'on peut conclure avec une grande assurance des caractères connus de l'oxigène aux caractères inconnus du soufre.

Les questions que j'ai cherché à résoudre sont les suivantes : Les sulfures métalliques électro-négatifs sont-ils proportionnels, quant à leur composition, aux corps oxigénés électro-négatifs, et suivent-ils, dans leurs combinaisons avec les sulfures métalliques électro-positifs, les mêmes lois que les oxacides avec les oxides? En d'autres termes. Les sulfo-sels peuvent-ils se trans-

former en oxi-sels lorsqu'on y remplace les atomes de soufre par un nombre égal d'atomes d'oxigène ?

L'existence d'un oxacide suppose-t-elle nécessairement l'existence d'une combinaison électro-négative correspondante, où le soufre tiendrait lieu d'oxigène ?

Quels sont les corps que l'on peut avec quelque raison mettre au nombre des basigènes ? J'ai fait à cette dernière question une réponse anticipée dans la classification proposée ci-dessus.

*Nomenclature.*

J'aurai à parler d'un grand nombre de combinaisons entièrement nouvelles, auxquelles il faut imposer des noms. D'après les idées que j'ai mises en avant, les sels se divisent en deux classes : ceux qui résultent de la combinaison d'un halogène avec un métal électro-positif, et ceux qui sont formés par l'union d'un acide avec une base : j'appellerai les premiers *sels haloïdes*, et les seconds *sels amphides*. Ceux-ci se subdivisent en *oxi-sels* (ou sels à oxigène), *sulfo-sels* (sels à soufre), *séléni-sels* (sels à sélénium) et *telluri-sels* (sels à tellure), suivant l'espèce de basigène qu'ils renferment. Mais il faut attacher à ces dénominations une idée précise, et prendre garde de confondre les telluri-sels, par exemple, soit avec les tellurates, soit avec les sels d'oxide de tellure. On conçoit que le tellure est basigène dans les telluri-sels, radical de l'acide dans les tellurates, et radical de la base dans les sels d'oxide de tellure.

Pour dénommer commodément les sels haloïdes, je n'ai rien trouvé de mieux que de suivre autant que pos-

sible la nomenclature des oxides. Ainsi je dis *chlorure* (1) *de fer* pour « muriate d'oxidule de fer », et *chloride de fer* au lieu de « muriate d'oxide de fer ». Pour désigner les degrés de saturation inférieurs ou supérieurs, j'ai recours aux préfixes *sous* et *sur*; exemple : *sous-chlorure*, *sur-chloride*.

Mais si l'analogie est complète entre les haloïdes et les amphides, il faut que les premiers puissent, ainsi que les derniers, former et des sels *basiques* (sous-sels) et des sels acides. Les haloïdes basiques résultent de la combinaison de l'oxide d'un métal électro-positif avec son sel haloïde, mais toujours de telle sorte que l'oxidule se combine avec le chlorure et l'oxide avec le chloride. L'épithète de *basique* exprime bien la combinaison du sel avec une base, et pour désigner les diverses proportions dans lesquelles cette combinaison peut avoir lieu, je me sers des mots *basique, bi-basique, tri-basique, etc.*, suivant que l'oxide contient une fois, deux fois ou trois fois autant de métal que le sel haloïde. Jusqu'à présent nous ne connaissons que des combinaisons d'oxides avec les sels haloïdes; mais il n'est pas impossible que l'on découvre par la suite des corps formés par l'union de ces sels avec des métaux sulfurés. D'après le même principe, je dis, par exemple, *chloride acide d'or, fluoride acide de potassium*,

---

(1) L'analogie voudrait que l'on dît *chloridule*. Je ne sais pas pourquoi M. Berzelius a conservé le nom de *chlorure*; peut-être n'a-t-il pas jugé à propos de bannir entièrement de la langue chimique un mot universellement reçu.

(*Note du Traducteur.*)

alors qu'un sel haloïde se trouve combiné chimiquement avec l'hydracide de l'halogène.

Si j'avais à faire une nomenclature nouvelle pour les sels amphides, je considérerais le radical de l'acide comme combiné avec les deux portions du basigène réparties entre l'acide et la base, et formant avec ces deux portions réunies un halogène composé qui, par son union avec le radical de la base, donnerait naissance à un sel haloïde, et au moyen de cette conception la nomenclature des sels se trouverait uniforme d'un bout à l'autre. Mais comme il existe déjà pour les oxi-sels un système de dénominations généralement reçu, ce serait bien en vain qu'on chercherait à lui en substituer un autre, outre qu'un demi-succès en ce genre serait un grand tort fait à la science. Tout changement de nom est un mal qui ne peut trouver d'excuse que dans la nécessité la plus pressante. L'expérience ayant montré une analogie complète entre les sulfo-sels et les oxi-sels, il est aisé de calquer la nomenclature des premiers sur celle des seconds. Prenons pour point de départ l'acide arsénique. Si l'on y remplace les atomes d'oxigène par un nombre égal d'atomes de soufre, on aura un composé que l'analogie conduit à nommer *sulfide arsénique*. Si la même substitution a lieu dans l'acide arsénieux, je nommerai le résultat *sulfide arsénieux*; et enfin j'appellerai *sulfide hypo-arsénieux* le dernier degré de sulfuration susceptible de se combiner avec les sulfures métalliques électro-positifs. Quant à l'idée générale d'un métal électro négatif combiné avec le soufre, je me sers, pour l'exprimer, du mot *sulfide*, qui correspond à celui d'*acide*. Je dirai de même *sélénide*, *telluride*, pour

désigner la combinaison du sélénium et du tellure avec un corps électro-négatif.

Les combinaisons des métaux électro-positifs avec le soufre conserveront le nom de *sulfures métalliques;* ainsi le mot *sulfure* emportera dorénavant l'idée de *base:* on dira, dans le même sens, *séléniure* et *base tellurée* ou *métal telluré* (afin d'éviter le mot *tellurure*), et l'on distinguera les divers degrés de saturation au moyen des désinences commodes en *eux* et en *ique;* l'on dira, par exemple, *sulfure ferreux* pour $FeS^2$, et *sulfure ferrique* pour $FeS^3$, en donnant toujours la terminaison *ique* à celle de ces bases dont l'oxide proportionnel ou correspondant prend la terminaison *icum* dans la nomenclature latine.

En ce qui concerne la nomenclature des sels, je pose comme règle fondamentale que le nom du sel doit commencer par celui du basigène qu'il renferme, en sorte que pour énoncer d'une manière exacte, d'après ce principe, les sels connus sous les noms d'*arséniate d'oxide de fer* et *arsénite d'oxidule de fer*, il faudrait dire *oxi-arséniate ferrique*, *oxi-arsénite ferreux*, en indiquant ainsi que le sel dont on parle est un *oxi*-sel. Mais, pour la commodité de l'usage, on supprimera les syllabes préfixes indicatives du basigène dans la nomenclature des oxi-sels, vu qu'ils se représentent sans cesse, et au contraire on les préposera toujours aux noms des autres sels amphides. Ainsi l'on dira *sulfo-arséniate* ou *sulfarséniate*, *sulfo-arsénite*, *sélénarséniate*, *tellurarséniate potassique*, *ferreux*, *etc.* De cette manière, les syllabes initiales du substantif feront connaître la nature du basigène que le sel contient, et la syllabe finale de

l'adjectif le nombre de ses atomes. Les particules numérales, servant à distinguer les sels acides ou basiques, restent les mêmes que dans la nomenclature des oxi-sels : on dira donc *bi-sulfarséniate potassique, sulfo-arséniate sesqui-potassique.*

S'il arrivait qu'une base oxigénée pût se combiner avec un sulfo-sel comme avec un haloïde, il faudrait sans doute de nouveaux noms aux combinaisons de cette espèce ; mais il sera encore temps de les imaginer quand le besoin s'en fera sentir.

On a signalé à plusieurs reprises, dans ces derniers temps, les inconvéniens attachés aux noms qui emportent une définition. Ces inconvéniens sont graves sans doute, et croissent en proportion du nombre des élémens chimiques. Toutefois ils ne sauraient balancer l'avantage immense de pouvoir former avec un petit nombre de *racines* des milliers de noms que tout le monde comprend en les entendant pour la première fois.

On me reprochera peut-être de n'avoir pas mis ma nomenclature en harmonie avec la méthode de Thomson, qui emploie des noms de nombre pour distinguer les divers degrés d'oxidation des oxides, et qui, dans la dénomination d'un sel, joint au nom de l'acide et le nom de nombre indicatif de la composition de la base et le mot qui exprime le degré de saturation du sel ; (exemples : *sous-proto-sulfate, sous-bi-persulfate*), méthode adoptée avec quelques restrictions par les chimistes français et anglais. Mais je suis intimement convaincu que ces dénominations n'ont qu'un avantage provisoire ; créées à la hâte pour satisfaire aux besoins

du moment, elles ne sauraient tenir contre le développement ultérieur de la science des sels.

## I. *Des Sulfo-hydrates.*

L'hydrogène sulfuré, considéré comme acide, devra, conformément aux principes de nomenclature que j'ai proposés, prendre le nom de *sulfide hydrique* au lieu de celui d'*acide hydro-sulfurique* qu'il porte aujourd'hui, et les sels résultant de ses combinaisons avec des sulfures s'appelleront *sulfo-hydrates* ou *sulphydrates.*

On a coutume d'envisager les acides formés par la combinaison de l'hydrogène avec le soufre, le sélénium et le tellure, comme analogues avec ceux du chlore, de l'iode et du fluore. Mais cette analogie ne porte guère que sur la composition. Les acides hydrochlorique, hydriodique, hydrofluorique, forment des sels en détruisant les bases salifiables, tandis que les autres hydracides transforment une base oxigénée en base sulfurée, séléniée, ou tellurée, sans qu'il en résulte nécessairement un sel; la formation du sel ne peut avoir lieu que par la combinaison de l'hydracide avec cette nouvelle base, alors que son radical est du petit nombre de ceux qui entrent dans les alcalis les plus forts. Par exemple : lorsque le sulfide hydrique se combine avec la potasse pour former ce que l'on appelle *hydro-sulfate de potasse*, ce sulfide hydrique est décomposé; son hydrogène se combine avec l'oxigène de la potasse, d'où résulte de l'eau, et son soufre avec le potassium, d'où résulte du sulfure de potassium $KS^2$, après quoi les nouvelles portions de sulfide hydrique que l'on ajoute se combinent avec le sulfure de potassium pour former

le sulfo-hydrate potassique (hydro-sulfate de potasse). Les sels de cette espèce sont décomposés par toutes les bases oxigénées, y compris l'oxide de leur propre métal. On le reconnaît aisément en dissolvant, à l'aide de la chaleur, de la soude caustique dans une solution concentrée de sulfo-hydrate sodique (hydro-sulfate de soude), et laissant refroidir lentement la liqueur; car il s'y forme de longs cristaux prismatiques qui sont du sulfure de sodium (1), et qui précipitent le chlorure de manga-

---

(1) Comme cette base $NaS^2$ n'a point encore été décrite à l'état d'isolement, je vais dire ici quelque chose de ses propriétés. Elle cristallise en prismes droits à quatre pans, terminés par des pyramides quadrangulaires. Elle est si peu soluble dans l'alcool que ce liquide peut servir à laver les cristaux, et précipite une dissolution concentrée de $NaS^2$. Sa saveur est hépatique d'abord, et ensuite âcre et corrosive comme celle de la soude caustique, quoiqu'elle n'exerce pas sur la peau la même action dissolvante. Cette substance réagit à la manière des alcalis. Exposée à l'air, elle s'humecte à la surface, sans toutefois se liquéfier, et se transforme peu à peu en sulfate de soude. Chauffée dans une cornue, elle fond dans son eau de cristallisation, et à mesure que celle-ci se volatilise, il se dépose une poudre blanche et pesante qui ne s'altère que quand on la soumet à une forte ignition. Alors elle devient jaune par l'action de l'acide silicique du verre, qui, en formant du silicate de soude, change $NaS^2$ en $NaS^4$ (*). Le *sulfure de potassium* $KS^2$ s'obtient de la même manière, mais ne cristallise pas. L'alcool anhydre le sépare d'une dissolution concentrée sous la forme d'une liqueur huileuse. Il se dissout dans une grande quantité d'alcool.

(*) Mais d'où vient l'oxigène de la soude? Il y a probablement ici une faute d'impression dans le texte suédois.

(*Note du Traducteur.*)

nèse en sulfure de manganèse sans aucun dégagement de sulfide hydrique.

Par contre, lorsqu'un hydracide d'halogène se combine avec un sel haloïde, le résultat est un sel acide analogue au sulfate acide de potasse ; tels sont le fluate acide de potasse et l'acide hydro-ferro-cyanique de la nomenclature usuelle. Il y a donc une démarcation bien tranchée entre les *hydracides d'halogènes* et les *hydracides de basigènes*, qui forment ainsi deux classes distinctes : la première, composée des hydracides qui n'entrent pas comme tels dans les sels auxquels ils donnent naissance ; la seconde, de ceux qui se combinent au contraire à l'état d'acides avec les bases qu'ils ont formées.

Le nombre des sels que peut fournir un hydracide de basigène est très-limité. Jusqu'à présent nous n'en connaissons point au-delà des huit qui se forment avec les radicaux des alcalis et des terres alcalines. Ils précipitent les sels de manganèse, de zinc, de cérium, de fer, de glucine et d'yttria avec dégagement de sulfide hydrique sous forme de gaz, ce qui prouve que les bases sulfurées qui ont pour radical l'un de ces métaux ne se combinent point avec l'hydracide.

Les sulfo-hydrates potassique, sodique et ammonique sont bien connus des chimistes ; mais les autres n'ont pas encore été l'objet d'un examen particulier.

*Sulfo-hydrate lithique.* La meilleure manière de le préparer est de décomposer du sulfate de lithine dans une cornue de porcelaine en le calcinant avec de la poussière de charbon, puis de projeter dans l'eau la

masse charbonneuse (qui s'enflamme aisément par le contact de l'air), de la filtrer et de la saturer de sulfide hydrique. J'ai obtenu ainsi une dissolution incolore que j'ai fait évaporer dans une cornue remplie de gaz hydrogène jusqu'à ce qu'elle eût pris une consistance légèrement sirupeuse. Après le refroidissement, la dissolution avait déposé un sel blanc qui était du carbonate de lithine ; il s'en déposa encore un peu par un refroidissement ultérieur de la liqueur concentrée jusqu'à — 10°. La masse sirupeuse était d'un jaune de miel pâle. Elle fut soumise à une évaporation ultérieure dans le vide sur de la potasse calcinée. (L'acide sulfurique ne convient pas pour l'évaporation des sulfosels, parce que l'hydrogène sulfuré qui se dégage étant absorbé par l'acide, celui-ci développe de l'acide sulfureux, lequel est condensé par la liqueur que l'on fait évaporer.) Parvenue à un degré de consistance tel qu'elle ne coulait presque plus, elle donna naissance à un réseau confusément cristallin, et finit par se transformer entièrement en une masse saline. Le sulfohydrate lithique devient humide à l'air, et se dissout aisément dans l'alcool. Evaporé à découvert, il déposa de longs cristaux prismatiques jaunes de $LS^4$.

En faisant passer un courant de gaz sulfide hydrique sur du carbonate de lithine chauffé jusqu'au rouge, on obtient une masse d'un brun sombre qui finit par se fondre, et qui après le refroidissement est incolore, sauf une très-légère teinte de jaune. Elle précipite les sels de manganèse avec développement de sulfide hydrique, et consiste par conséquent en sulfo-hydrate lithique anhydre, qui, comme les sels correspondans des radi-

caux des autres alcalis fixes, résiste à l'action de la chaleur rouge.

*Sulfo-hydrate de barium.* De l'hydrate de baryte fut mêlé avec de l'eau, et l'on fit passer au travers du mélange un courant de gaz hydrogène sulfuré. La dissolution obtenue au bout de vingt-quatre heures d'opération fut évaporée dans une cornue sous une atmosphère de gaz hydrogène. Durant le refroidissement il se forma deux espèces de cristaux, les uns en tables hexagonales incolores, les autres en longs prismes jaunes. Ni l'un ni l'autre de ces produits ne se trouva être le sulfo-hydrate. Les tables hexagonales étaient l'hydrate de la terre, et les prismes jaunes consistaient en $BaS^4$. La liqueur non cristallisée était une solution très-concentrée du sulfo-hydrate. J'ai essayé trois procédés pour en tirer le sel en cristaux.

*a*) Une portion fut mêlée avec de l'alcool qui prit un aspect laiteux, et déposa un mélange d'hypo-sulfite de baryte et de soufre, dû à l'action de l'air atmosphérique dont l'alcool contient ordinairement une assez grande quantité. Le mélange, devenu clair, fut exposé pendant quelques jours à un froid de —10°, et déposa dans cet intervalle des groupes de prismes à quatre pans, transparens et incolores, qui précipitaient le chlorure de manganèse avec dégagement de sulfide hydrique. *b*) Une autre portion de la liqueur fut refroidie de la même manière sans mélange d'alcool, et donna des cristaux de même forme, mais plus petits, moins réguliers et en moindre quantité. *c*) Une troisième partie fut évaporée dans le vide. Elle donna une grande quantité de sel; mais la cristallisation en était si confuse que l'on

ne put pas déterminer la forme des cristaux ; c'étaient de longs prismes plats, blancs et opaques. Dans une autre expérience, je délayai dans l'eau du sulfure de barium cristallisé, de manière à en former une bouillie, et je fis passer du gaz sulfide hydrique au travers du mélange ; celui-ci étant échauffé, l'absorption du gaz eut lieu subitement. La dissolution ainsi obtenue ne donna point de cristaux par un froid de — 10° avant d'avoir été suffisamment concentrée dans le vide. Les cristaux de ce sel s'effleurissent et deviennent blancs par le contact de l'air. La même chose a lieu dans l'appareil distillatoire, où leur eau de cristallisation se dégage sans que le sel entre en fusion. Au rouge naissant, il se développe du gaz sulfide hydrique, et il reste une masse d'un jaune foncé, dont la forme n'a point changé, et qui devient incolore par le refroidissement. C'est du sulfure de barium, qui précipite le chlorure de manganèse sans répandre la moindre odeur de sulfide hydrique.

*Sulfo-hydrate de strontium.* Je l'obtins en dissolvant du sulfure de strontium dans l'eau par le moyen du sulfide hydrique. La dissolution évaporée dans le vide donna de grands prismes striés qui paraissaient être à quatre pans. Les cristaux, bien séchés, passèrent plusieurs jours à l'air sans s'altérer. Chauffés dans un appareil distillatoire, ils fondent dans leur eau de cristallisation et entrent ensuite en ébullition ; alors se dégagent du sulfide hydrique et de la vapeur d'eau, et le sulfure de strontium se précipite sous forme d'une poudre blanche. L'ébullition terminée, il ne reste que du sulfure de strontium.

*Sulfo-hydrate calcique.* On l'extrait d'une dissolu-

tion d'hydrate de chaux ou de sulfure de calcium dans le sulfide hydrique. A un certain degré de saturation, l'absorption du gaz cesse d'avoir lieu, encore que l'hydrate ne soit pas dissous, et il faut remuer constamment la liqueur pour lui faire absorber encore un peu de gaz. On ne peut faire cristalliser la dissolution obtenue ni par l'évaporation dans l'hydrogène ni par l'évaporation dans le vide. Elle se concentre bien jusqu'à certain point; mais dès que le sel va pour se déposer, il se dégage du gaz sulfide hydrique, et c'est du sulfure de calcium qui donne naissance aux prismes à éclat soyeux que l'on obtient. En se desséchant, la masse saline se boursouffle par suite d'un dégagement de gaz, et l'on obtient une masse confuse de sulfure de calcium où le chlorure de manganèse n'indique pas la plus légère trace de sulfide hydrique. Si l'on introduit du sulfide hydrique dans de l'hydrate de chaux, le gaz est absorbé, il se forme du sulfure de calcium, la masse s'humecte et contient à cet état une dissolution de sulfo-hydrate calcique dans l'eau séparée de l'hydrate; mais on a beau faire passer du gaz au travers de la masse, on ne parvient point à transformer le sulfure de calcium solide en un sulfo-hydrate. Il paraît donc que ce sel ne peut pas revêtir la forme solide. — Je mêlai une solution saturée de chloride de calcium avec une dissolution concentrée de sulfo-hydrate calcique. Il en résulta un précipité mucilagineux et un dégagement de sulfide hydrique accompagné d'effervescence. Le vase dans lequel j'opérais fut aussitôt bouché et soumis pendant plusieurs semaines à une température inférieure à 0°; mais il ne se déposa que quelques cristaux de chloride de calcium.

Le sulfo-hydrate calcique ayant été évaporé dans une atmosphère exempte d'acide carbonique, il se déposa de longs prismes jaunes de $CaS^4$.

Le *sulfo-hydrate magnésique* s'obtient en mêlant l'hydrate de magnésie avec un peu d'eau, et faisant passer au travers du mélange un courant de sulfide hydrique gazeux. Cet hydrate se dissout lentement; mais l'on peut obtenir de cette manière une solution très-concentrée. L'évaporation, tant dans l'hydrogène que dans le vide, le décompose. Par l'ébullition, on reforme de l'hydrate de magnésie et du sulfide hydrique. Le sulfure de magnésium se précipite dans le vide sous forme d'une masse mucilagineuse un peu grisâtre, qui se dissout bien dans les acides avec dégagement de sulfide hydrique, mais précipite le chlorure de manganèse sans aucune odeur hépatique. On obtient le même produit en précipitant une solution concentrée de chloride de magnésium par du sulfo-hydrate potassique, d'où résulte un dégagement de sulfide hydrique, accompagné d'effervescence. La liqueur, qui contient une dissolution concentrée de chloride de potassium avec du sulfo-hydrate magnésique, ne dépose à froid que des cristaux de chloride de potassium. Lorsqu'on mêle une dissolution concentrée de sulfo-hydrate magnésique avec une dissolution très-concentrée de sulfo-hydrate potassique, celui-ci chasse en partie le sulfo-hydrate magnésique de la dissolution; du sulfide hydrique se dégage, et il se forme un précipité de sulfure de magnésium. Ce sel paraît donc ne pouvoir exister, non plus que le précédent, sous forme solide.

## II. *Sulfo-carbonates.*

Du moment où l'on eut fait la découverte du carbure de soufre, on soupçonna que ce corps devait avoir, comme le sulfide hydrique, la propriété de se combiner avec des bases. Dans l'examen que je fis, en commun avec feu le Dr Marcet, chimiste anglais, de la composition de ce corps, j'essayai de le combiner avec des bases salifiables, et je fis voir qu'il existait effectivement des combinaisons de cette espèce. Mais l'on croyait alors que les bases oxigénées se combinaient, non-seulement avec le sulfide hydrique, mais aussi avec d'autres acides exempts d'oxigène, et par suite je regardai les nouvelles combinaisons comme contenant du carbure de soufre uni à des bases oxigénées. Cette méprise fut accompagnée d'une autre : le carbure de soufre exigeait plusieurs semaines pour se dissoudre dans la potasse ou l'ammoniaque, et dans cet intervalle il se formait, par la décomposition du sel et aux dépens de l'air du flacon, une quantité notable de sulfure de potassium avec excès de soufre. Or, je considérai les précipités obtenus par le mélange de ces dissolutions avec des sels terreux et métalliques, comme des sulfo-carbonates purs, tandis que les caractères que j'indiquais pour chacun d'eux appartiennent surtout aux sur-sulfures métalliques, comme de donner avec les sels de plomb un précipité rouge qui noircit au bout de quelque temps, de précipiter le chloride de mercure en orangé (1), etc. Cette erreur a été suffisamment re-

(1) *Afhandl. i Fysik, Kemi och Mineralogi*, v. 266.

levée, en ce qui concerne la composition de ces sels, dans mes recherches sur les sulfures de métaux alcalins; il ne me reste plus maintenant qu'à rectifier ce que j'ai dit de fautif sur les propriétés de quelques sulfo-carbonates.

Il est très-difficile d'obtenir les sulfo-carbonates parfaitement purs, parce que l'affinité du sulfide carbonique est si faible qu'il ne décompose point les sulfo-hydrates, et ne sépare point le soufre des sur-sulfures, lesquels se forment aisément par l'action de l'air sur les sulfo-carbonates. Le seul moyen assuré de les préparer est de remplir un flacon avec une base-à-soufre assez énergique, mêlée d'eau et de sulfide carbonique, et de le laisser bien bouché, exposé à une température de $+30^{\circ}$; alors le sulfide carbonique se combine peu à peu avec la base. Si la base sulfurée contient un excès de soufre, le sur-sulfure ne se décompose point, mais il se mêle au sulfo-carbonate. Un sulfo-carbonate soluble est exempt de sur-sulfure lorsqu'il ne trouble point une dissolution de chloride de glucinium.

J'ai essayé de traiter par le carbure de soufre des dissolutions de sur-sulfures de métaux alcalins dans l'alcool. Les sur-sulfures de métaux terreux donnent simplement des dissolutions de l'une et de l'autre substance. L'eau sépare le sulfide carbonique, ou bien il se volatilise dans l'évaporation, et ce qui reste est le sur-sulfure. Mais lorsque les sur-sulfures alcalins sont saturés jusqu'à certain point de sulfide carbonique, il arrive que la masse se trouble en un instant dans toute son étendue, et dépose du soufre, quoique en quantité beaucoup moindre que le métal alcalin n'en devrait abandonner. Dans cette opération,

la dissolution de potassium se divise en trois lits. Le lit inférieur est une dissolution très-concentrée de sulfo-carbonate potassique dans l'eau; le lit intermédiaire est formé d'un excès de sulfide carbonique, et par-dessus est une dissolution alcoolique saturée de sur-sulfure, de sulfo-carbonate et de sulfide carbonique; ce dernier peut en être précipité par l'eau.

Exposés à l'action de la chaleur, les sulfo-carbonates secs se décomposent. Ceux dont le radical de la base est un métal d'alcali fixe se fondent en une masse noire à l'état liquide, d'un brun foncé après le refroidissement, et qui, dissoute dans l'eau, laisse un résidu en charbon; le métal, uni à 6 atomes de soufre, se dissout dans l'eau.

Les sulfo-carbonates des métaux alcalins-terreux et des métaux proprement dits se décomposent de telle sorte que si le sel contient de l'eau en combinaison chimique, il se dégage de l'hydrogène sulfuré et du soufre, et il reste du carbonate d'oxide. Mais ce cas est le plus rare, et il arrive ordinairement, lorsque la caléfaction est bien ménagée, que le sulfide carbonique se dégage seul ou avec un peu d'eau et laisse la base-sulfurée pure. Les bases-à-soufre qui s'oxident aisément se détruisent pendant la dessiccation, et donnent, par la distillation, des produits mélangés, comme acide carbonique, acide sulfureux, sulfide hydrique et soufre. Parmi les sels qui ne sont point altérés par la dessiccation, on peut mettre au premier rang les sulfo-carbonates platinique, cuprique, plombique et ferrique, qui tous rendent du sulfide carbonique dans la distillation. Au contraire, les sels ferreux et manganeux qui s'oxi-

dent jusqu'à certain point dans la dessiccation n'en donnent aucune trace.

Les sulfo-carbonates des huit radicaux alcalins présentent, en dissolution concentrée, une couleur orangée foncée. Leur saveur est hépatique, mais en même temps un peu caustique, analogue à celle du poivre, et rappelle la saveur du sulfide carbonique ; c'est un caractère qui les distingue d'une manière tranchée de tous les autres sulfo-sels.

En les mêlant sous forme solide avec un acide, tel que l'acide muriatique, on obtient une liqueur rouge huileuse, découverte et décrite par M. Zeise. Cette liqueur est une combinaison de sulfide hydrique et de sulfide carbonique, dont le premier ne tarde pas à se dissoudre dans l'eau, et laisse le second avec un aspect trouble. Lorsqu'on décompose par l'acide muriatique une dissolution d'un sulfo-carbonate, on obtient une liqueur laiteuse, comme celle de l'hépar, et qui se décompose de la même manière ; peu à peu la substance qui trouble la liqueur se rassemble en une masse de sulfide carbonique, qui pourtant est toujours féculente. Présumant que le sulfo-carbonate pouvait bien contenir un sulfide carbonique avec excès de soufre, j'ai fait évaporer plusieurs fois ce sulfide carbonique trouble dans la liqueur, et par ce moyen j'ai obtenu des traces sensibles (mais non pondérables) de soufre, ce qui résultait nécessairement de ce que la liqueur ne peut jamais être mise complètement à l'abri du contact de l'air, et que l'eau dont on se sert en contient toujours un peu. Par contre, lorsqu'on précipite un sulfo-carbonate

mélangé avec un sur-sulfure, les choses se passent tout autrement, et l'on obtient beaucoup de soufre.

On pourrait croire que les oxides qui abandonnent aisément leur oxigène devraient transformer les sulfo-carbonates en oxi-carbonates, tandis qu'ils se transforment eux-mêmes en base sulfurée. Mais cette base sulfurée a aussi ses affinités, et pendant que l'oxide métallique transforme la base-à-soufre du sulfo-carbonate en une base-à-oxigène, la nouvelle base sulfurée s'empare du sulfide carbonique qui, n'ayant point d'affinité immédiate pour l'oxide formé, se combine avec le nouveau sulfure.

J'ai essayé de mêler par petites portions de l'hydrate d'oxide de cuivre avec du sulfo-carbonate calcique, qui aurait dû se précipiter simplement de la liqueur dans le cas où ces deux corps se seraient respectivement transformés en sulfure de cuivre et carbonate de chaux. Mais l'oxide se dissolvit dans la liqueur avec une belle couleur brune, et je continuai d'en ajouter jusqu'à ce que la quantité employée suffît pour décomposer la totalité du sulfo-sel. La liqueur, devenue claire, était d'un jaune pâle, tenait en dissolution de la chaux libre, n'altérait pas l'hydrate de cuivre qu'on y ajoutait ensuite, mais était encore troublée par l'acide muriatique, qui en séparait une petite quantité de sulfides hydrique et carbonique. L'hydrate de cuivre ne contenait point d'acide carbonique, et se trouvait changé en sulfo-carbonate cuprique, dont l'acide muriatique séparait sans effervescence l'hydrate ajouté en excès.

Les dissolutions de sulfo-carbonates exposées à l'action de l'air se décomposent très-rapidement *lorsqu'elles*

*sont étendues d'eau.* Il se forme un oxi-carbonate et un faible précipité de soufre. Soumises à l'action de la chaleur, elles développent de l'hydrogène sulfuré, et la décomposition marche encore plus vite. Lorsque l'on fait bouillir, ou chauffer à 80° environ dans un vase bouché, du sulfo-carbonate de barium ou de calcium, il se forme peu à peu un dépôt d'oxi-carbonate, qui est remplacé par un sulphydrate.

Les *dissolutions concentrées* peuvent être évaporées à une chaleur douce sans se décomposer d'une manière bien sensible. J'ai gardé pendant plusieurs semaines des sels de potassium et de lithium dans un vase découvert et par une température qui oscillait entre 20° et 40°, sans qu'ils parussent se décomposer.

*Sulfo-carbonate potassique.* La meilleure manière de l'obtenir est celle que j'ai indiquée plus haut, et qui consiste à saturer une solution d'hépar dans l'alcool de sulfide carbonique ajouté en excès. La solution d'un rouge très-foncé, qui se rassemble au fond, étant évaporée par 30° de chaleur jusqu'à la consistance sirupeuse, forme un sel jaune cristallin qui s'humecte promptement à l'air et devient liquide. Desséché par 60 à 80°, ce sel jaune perd sa texture cristalline avec son eau de cristallisation, et prend une couleur plus foncée tirant sur le rouge. Chauffé dans un appareil distillatoire, il ne donne aucun produit volatil, mais se fond au rouge naissant et se décompose de la manière que j'ai dite. Ce sel est peu soluble dans l'alcool.

Le *sulfo-carbonate sodique* forme un sel jaune qui cristallise à un haut degré de concentration et s'humecte à l'air. Il se dissout aisément dans l'alcool.

Le *sulfo-carbonate lithique* est encore plus soluble dans l'eau qu'aucun des précédens, et donne par la dessiccation une masse saline qui redevient humide aussitôt qu'on l'expose à l'air. Il se dissout aisément dans l'alcool.

*Sulfo-carbonate ammonique.* Les expériences de M. Zeise l'ont fait suffisamment connaître (1).

Le *sulfo-carbonate de barium* se dissout difficilement dans l'eau. Le sulfure de barium cristallisé se combine très-promptement avec le sulfide carbonique, et donne lieu à un sel jaune-citron non cristallisé qui tapisse la paroi intérieure du verre et s'en détache aisément. La dissolution superstagnante est orangée. Le sel jaune se dissout aussi dans l'eau avec une couleur orangée. Si l'on verse dessus beaucoup d'eau à la fois, cette eau prend une faible teinte rouge qui paraît due à l'action de l'air qu'elle contient. La dissolution prend ensuite la couleur orangée qui lui est propre. Evaporée dans le vide, elle laisse de petits cristaux translucides d'un jaune pâle. Si on laisse tomber une goutte d'eau sur le sel desséché, cette goutte d'eau rougit en quelques minutes; mais la couleur rouge s'évanouit par la dessiccation et laisse le sel d'un jaune pâle.

Le *sulfo carbonate de strontium* est plus soluble dans l'eau que le précédent; sa dissolution est d'un orangé moins foncé, et donne après l'évaporation dans le vide une masse saline d'une cristallisation rayonnée, d'un jaune-

---

(1) Voyez l'*Årsb. om Vetenskapernes Framsteg*, d. 31 Mars 1824, p. 106.

citron pâle et comme efflorescente. Etant humectée, elle devient à l'instant d'un brun rouge ; mais cette couleur disparaît par la dessiccation et est remplacée par une tache d'un jaune plus pâle.

Le *sulfo-carbonate calcique* donne une dissolution d'un rouge très-foncé, qui se rembrunit étant gardée dans un vase bouché. Evaporée dans le vide, elle se réduit en une masse saline d'un brun jaunâtre, offrant des signes manifestes de cristallisation. Desséché complètement par l'action de la chaleur, ce sel devient comme les précédens, d'un jaune-citron clair, mais tirant sur le brun quand il absorbe de l'humidité. Redissous dans l'eau, il laisse un sel basique orangé à l'état solide. La saveur de ce dernier n'est que très-légèrement poivrée, et c'est la saveur hépatique qui y domine. Il se forme toujours lorsque, dans la préparation du sel, on n'a pas employé un excès de sulfide carbonique. Le sel neutre est très-soluble dans l'alcool. Il se décompose par l'ébullition et dépose du carbonate de chaux.

*Sulfo-carbonate magnésique.* La meilleure manière de l'obtenir est de précipiter le sel de barium par du sulfate de magnésie, de filtrer et d'évaporer la dissolution dans le vide. Il se forme dans cette opération une pellicule à la surface de la liqueur, et il se dégage un peu de sulfide carbonique gazeux. Le sel desséché est d'un jaune-citron pâle, sans aucun signe de cristallisation. Une portion se dissout dans l'eau en développant une couleur d'un jaune intense, et donne à l'eau une saveur poivrée. Une autre portion forme un sel basique insoluble à froid, mais soluble en jaune pâle

dans l'eau bouillante, où il se décompose néanmoins, et laisse du carbonate de magnésie à l'état solide.

Relativement aux combinaisons du sulfide carbonique avec les bases sulfurées formées des radicaux des terres proprement dites, je n'ai pas pu parvenir à des résultats bien précis. Le *chloride de glucinium* n'est point précipité par les sulfo-carbonates ; seulement la dissolution prend une couleur plus foncée et ne dépose rien dans l'espace de vingt-quatre heures. Comme nous verrons par la suite que les sulfo-sels de ce métal sont pour la plupart solubles dans l'eau, il est naturel de supposer qu'il se forme, dans le cas dont il s'agit ici, un *sulfo-carbonate glucinique* soluble. L'*acétate d'yttria* se mêle bien encore avec les sulfo-carbonates sans les troubler, et l'yttrium donne en général des sulfo-sels solubles ; mais, au bout d'une couple d'heures, il se forme un nuage blanc qui ressemble à du soufre ou à un mélange de soufre et d'hydrate d'yttria. Cependant la liqueur conserve sa couleur jaune. Le *chloride d'aluminium* forme, au bout de quelque temps, un nuage blanc, et en vingt-quatre heures un dépôt floconneux d'un vert-pistache pâle. *Sulfate de zircône* : le mélange est incolore en premier lieu, puis, au bout de quelques instans, offre un nuage blanc floconneux, qui ressemble tout-à-fait à l'hydrate de la terre.

Le sulfide carbonique forme au contraire des combinaisons bien déterminées avec les autres métaux, et la plupart de ces combinaisons peuvent se sécher et se conserver sans perdre leur sulfide carbonique. Celles que je décrirai ici sont produites par des sels neutres dissous dans l'eau et précipités par une dissolution de sulfo-car-

bonate calcique que l'on prépare de la manière suivante : on décompose du gypse pur, au moyen de la poussière de charbon, dans une cornue de porcelaine, et l'on mêle dans un flacon le sulfure de calcium qui en résulte avec de l'eau distillée et du sulfide carbonique; le flacon étant plein, on fait digérer ce mélange jusqu'à ce que la totalité du sulfure de calcium soit dissoute, et qu'il ne reste que du sulfide carbonique mélangé avec le charbon qui se trouve en excès après la réduction du gypse.

Le *sulfo-carbonate manganeux* forme d'abord une liqueur translucide d'un brun foncé; mais ensuite le sel se dépose sous forme d'une poudre orangée pâle, semblable au sulfure manganeux isolé. La liqueur superstagnante est jaune. Le précipité se dissout en jaune par le lavage. Il ne noircit pas sur le filtre comme le sulfure de manganèse, et donne après la dessiccation une masse un peu plus sombre, qui, étant distillée, dégage du gaz acide carbonique et du soufre, et laisse du sulfure vert de manganèse, soluble dans l'acide muriatique sans aucun résidu de charbon.

Le *sulfo-carbonate ferreux* forme une liqueur d'un rouge vineux foncé, qui se rembrunit peu à peu et paraît noire comme de l'encre étant vue par réflexion. Un excès du précipitant donne à la liqueur une teinte encore plus sombre. Un excès de carbonate d'oxidule de fer précipite la combinaison sous forme d'une poudre toute noire.

Le *sulfo-carbonate ferrique* donne un précipité brun-foncé, qui s'agglomère bientôt en une masse unique. Il est tout-à-fait insoluble dans l'eau, ne s'altère point par la dessiccation, et donne par la trituration une

poudre couleur de terre d'ombre. Etant distillé, il dégage d'abord, et à l'aide d'une chaleur douce, du sulfide carbonique, et ensuite, lorsque la chaleur devient plus intense, il donne du soufre avec un résidu de sulfure ferreux.

Le *sulfo-carbonate cobaltique* donne une dissolution d'un vert-olive foncé, qui est noire par réflexion. Dans un laps de vingt-quatre heures, cette dissolution dépose une substance noire sous forme de flocons, après quoi la liqueur est transparente et d'un brun foncé.

Le *sulfo-carbonate niccolique* donne une dissolution d'un jaune-brun foncé, à peine translucide, et noire par réflexion. Le sel se précipite, dans l'espâce de vingt-quatre heures, sous forme d'une poudre noire; après quoi la liqueur superstagnante est transparente et d'un jaune brun.

Le *sulfo-carbonate céreux* paraît être soluble, attendu que le chlorure de cérium n'est point précipité par les sulfo-carbonates. Sa dissolution dépose, dans l'espace de quelques heures, une substance en flocons blancs.

Le *sulfo-carbonate de zinc* forme un précipité d'un jaune très-pâle, presque blanc, qui, étant sec, présente une couleur jaune ou orangée pâle et une demi-translucidité.

Le *sulfo-carbonate cadmique* est un précipité d'un beau jaune-citron, soluble dans l'eau, parce que la liqueur est encore jaune avec un excès d'oxi-sel de cadmium.

Le *sulfo-carbonate uranique* donne une liqueur d'un brun foncé, qui, d'abord transparente, se trouble peu à

peu, et dépose un précipité brun-grisâtre pâle qui paraît être le *sulfo-carbonate uraneux*. La liqueur reste jaune.

Le *sulfo-carbonate chromeux* forme un précipité d'un vert grisâtre, si parfaitement semblable à l'hydrate de l'oxidule, qu'on ne peut pas l'en distinguer à l'aspect; mais il donne, par la distillation, du sulfide carbonique, et laisse du sulfure chromeux-brun, qui brûle avec vivacité sur un feu découvert, pour se convertir en oxidule de chrôme.

Le *sulfo-carbonate bismuthique* se précipite sous forme d'une poudre d'un beau brun foncé, soluble avec une belle couleur rouge-brun dans un excès du précipitant.

Le *sulfo-carbonate stanneux* forme un précipité d'un beau brun foncé, qui ne s'altère point dans la dessiccation.

Le *sulfo-carbonate stannique* donne un précipité orangé-pâle qui devient orangé-foncé par la dessiccation.

Le *sulfo-carbonate plombique* est un précipité brun-foncé qui paraît translucide dans les parties adhérentes au verre. La liqueur superstagnante est d'un jaune foncé, mais devient incolore en vingt-quatre heures. Le précipité sec est noir, prend le poli sous la pression d'un corps dur, et donne, par la distillation, du sulfide carbonique et du sulfure de plomb éclatant et gris.

Le *sulfo-carbonate cuprique* forme un précipité brun-foncé, presque noir, soluble en brun foncé dans un excès du précipitant. Desséché, il est noir. Dans la distillation, il donne d'abord du sulfide carbonique, puis du soufre, et laisse du sulfure cuivreux.

Le *sulfo-carbonate hydrargyreux* se précipite sous forme d'une substance translucide d'un brun foncé, ayant quelque ressemblance avec le sel de plomb. Il noircit par la dessiccation. Etant distillé, il ne donne que du mercure et du cinabre sans traces de sulfide carbonique; celui-ci se dégage vraisemblablement dans la dessiccation.

Le *sulfo-carbonate hydrargyrique* est un précipité noir qui se maintient le mieux possible quand la liqueur renferme un excès du précipitant. Desséché, il est noir, et donne, par la distillation, du cinabre sans aucune trace de son sulfide carbonique, qu'il paraît avoir perdu en se desséchant.

*Sulfo-carbonate argentique :* Précipité brun-foncé, soluble en brun foncé dans un excès du précipitant. Desséché, il est noir, éclatant, difficile à pulvériser. Distillé, il donne une quantité insignifiante de sulfide carbonique, et par contre une quantité notable de soufre, outre un résidu de sulfure d'argent.

*Sulfo-carbonate platinique :* Précipité brun-noirâtre qui se dissout en orangé dans un excès du précipitant. Après la dessiccation, il est presque noir. Distillé, il donne, premièrement, du sulfide carbonique, puis du soufre, et laisse un résidu de sulfure de platine.

Le *sulfo-carbonate aurique* donne un précipité d'un brun-grisâtre foncé dans une liqueur qui est lente à se clarifier. Desséché, il est noir; étant distillé, il donne du soufre et laisse de l'or rendu noir par un mélange de charbon.

( *La suite de ce Mémoire paraîtra dans le prochain Cahier.* )

## Prix *décernés par l'Académie des Sciences, dans la séance publique du lundi 5 juin* 1826.

### *Prix de Physiologie expérimentale, fondé par M. le baron de Montyon.*

Ce prix, dont le Roi a autorisé la fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818, doit être décerné, chaque année, à l'ouvrage imprimé ou manuscrit qui, au jugement de l'Académie, aura le plus contribué aux progrès de la Physiologie expérimentale.

L'Académie a décidé qu'il n'y avait pas lieu, cette année, à décerner le prix de Physiologie expérimentale; mais parmi les ouvrages soumis à son examen, l'Académie a distingué celui de M. le docteur Brachet, de Lyon, qui a pour titre : *Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionaire.* Ce Mémoire contient un grand nombre d'expériences sur plusieurs des questions les plus importantes de la physiologie; sans le peu d'ordre de sa rédaction et ses lacunes fréquentes, dont l'auteur convient lui-même, l'Académie n'aurait pas balancé à couronner cet ouvrage. Elle se borne à accorder à M. Brachet, à titre d'encouragement, le montant de la somme de *huit cent quatre-vingt-quinze francs,* destinée au prix, en l'engageant à terminer et à perfectionner ce travail avant de le livrer au public.

Un autre ouvrage a fixé l'attention de l'Académie, c'est celui qu'a envoyé d'Italie M. le docteur Regulus Lippi.

Cet ouvrage, dont le titre est : *Illustrations anatomico-comparées du système lymphatique chylifère*, est

remarquable sous le rapport des faits qu'il annonce et de l'exécution des planches qui l'accompagnent. Mais les commissaires nommés par l'Académie pour examiner ce travail, n'ayant pu vérifier d'une manière satisfaisante les faits principaux qui y sont annoncés, ont jugé convenable de renvoyer le jugement définitif à l'année prochaine, en réservant à M. Lippi le droit de concourir.

*Prix fondés par le testament de M. le baron de Montyon, pour le perfectionnement de l'art de guérir.*

Les travaux de médecine et de chirurgie destinés à concourir aux prix fondés par M. le baron de Montyon étaient en grand nombre; mais l'Académie s'est vue forcée, par la date de l'ordonnance du Roi, de se borner à l'examen des faits publiés seulement depuis l'époque du mois de juillet 1821, jusqu'à la fin de l'année 1825.

La plupart des prétendues découvertes en médecine exigeant la sanction de l'expérience, pour que les résultats annoncés puissent être réellement constatés, l'Académie n'a pu restreindre le concours aux seules découvertes qui auraient été faites dans l'année : elle a même cru nécessaire de retarder son jugement définitif sur des travaux importans, parce que ses commissaires n'ont pu se convaincre d'une manière incontestable de tous les faits énoncés, les auteurs n'ayant pas cru de leur devoir de rapporter les cas d'insuccès avec les mêmes détails qu'ils avaient donnés pour ceux dans lesquels ils avaient parfaitement réussi.

D'après l'avis unanime de sa Commission, l'Académie a décidé qu'il ne serait pas décerné de grands prix pour l'année 1825, et que sur la somme destinée à ce noble emploi, il en serait prélevé une de *seize mille francs* pour être distribuée à titre d'encouragement de la manière suivante :

POUR LA MÉDECINE.

A M. le docteur Louis, auteur d'un ouvrage ayant pour titre : *Recherches anatomico-pathologiques sur la Phthisie.* — Deux mille francs.

L'Académie cite avec éloge le zèle et le dévouement de M. le docteur Bailly, qui a fait des recherches sur les fièvres pernicieuses des environs de Rome, et MM. les docteurs Audouard et Lassis pour les travaux qu'ils ont entrepris sur l'examen des causes de la fièvre jaune et des maladies contagieuses.

POUR LA CHIRURGIE.

A M. le docteur Civiale, qui a publié plusieurs Mémoires importans sur la Lithotritie, ou sur les moyens de broyer les calculs dans la vessie urinaire, et qui a fait avec succès le plus grand nombre d'opérations sur le vivant, une somme de *six mille francs.*

Une somme de *deux mille francs* à chacun des trois médecins dont les noms suivent par ordre alphabétique.

A M. Amussat, auteur d'un Mémoire très-remarquable sur la structure du canal de l'urètre.

A M. Heurteloup, auteur d'un Mémoire sur l'extraction des calculs par l'urètre, et qui a très-ingénieu-

sement perfectionné les instrumens adaptés à cette opération.

A M. James Le Roy d'Etiolles, qui a publié en 1825 un ouvrage sur le même sujet, et qui a le premier, en 1822, fait connaître les instrumens qu'il avait inventés et qu'il a depuis essayé de perfectionner.

En ne donnant, cette année, que des encouragemens aux personnes qui se sont occupées du broiement de la pierre dans la vessie, l'Académie croit pouvoir annoncer qu'un grand prix pourra être décerné dès l'an prochain, si les compétiteurs veulent bien se persuader qu'ils doivent à la science un compte fidèle, non-seulement des succès, mais aussi des obstacles, des accidens, des revers et des rechutes qui pourraient être observés.

Enfin, l'Académie décerne une pareille somme de *deux mille francs*, à titre d'encouragement, à M. le docteur Deleau, auteur de différens Mémoires, pour avoir principalement perfectionné le cathétérisme de la trompe d'Eustache ou le conduit guttural de l'oreille, et pour avoir guéri, par ce moyen, quelques individus affectés de cette cause rare de surdité.

*Prix fondé par M. le baron de Montyon en faveur de celui qui aura découvert le moyen de rendre un art ou un métier moins insalubre.*

La Commission chargée d'examiner la question de savoir s'il y avait eu en l'année 1825 quelques arts ou quelques métiers rendus moins insalubres, ayant pensé qu'aucun art ou qu'aucun métier n'a reçu de perfectionnement assez notable à cet égard, du moins à sa connaissance, pour être digne d'une récompense, aucune

pièce d'ailleurs n'ayant été envoyée au concours, l'Académie a décidé que ce prix ne serait pas décerné cette année.

PRIX D'ASTRONOMIE.

La médaille fondée par feu M. Delalande, pour être donnée annuellement à la personne qui, en France ou ailleurs, les membres de l'Institut exceptés, aura fait l'observation la plus intéressante, ou le Mémoire le plus utile aux progrès de l'astronomie, a été décernée cette année à l'ouvrage qu'a publié récemment le capitaine Sabine, sous le titre de : *Account of Experiments to determine the figure of the earth by mean of the pendulum vibrating seconds in different latitudes*; Londres, 1825, in-4°, et qui renferme les résultats des nombreuses observations de pendule qu'il a faites dans l'hémisphère boréal, depuis le Spitzberg jusqu'à l'île portugaise de Saint-Thomas.

---

PROGRAMME *des Prix proposés par l'Académie royale des Sciences pour les années* 1827 *et* 1828.

*Prix de Physique, proposé en* 1825 *pour l'année* 1827.

L'ACADÉMIE rappelle qu'elle a proposé le sujet suivant pour le prix de physique de l'année 1827 :

Présenter l'*Histoire générale et comparée de la circulation du sang dans les quatre classes d'animaux vertébrés, avant et après la naissance, et à différens âges.*

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur

de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1827. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut, avant le 1er janvier 1827.

Ce terme est de rigueur.

*Programme du Prix de Mathématiques pour l'année 1828.*

Presque toutes les tentatives faites pour découvrir les lois de la résistance des fluides pèchent contre la première règle des expériences, par laquelle on doit s'attacher à décomposer les phénomènes dans leurs circonstances les plus simples. En effet, on s'est le plus souvent borné à observer le temps employé par différens corps à parcourir un espace donné dans un fluide en repos, ou le poids qui maintient en équilibre un corps exposé au choc d'un fluide, ce qui ne peut faire connaître que le résultat total des diverses actions que ce fluide exerce sur chacun des points de la surface du corps, actions très-variées et souvent contraires. Dans cet état de choses, il s'opère des compensations qui masquent les lois primordiales du phénomène, et rendent les données de l'observation inappréciables pour tout autre cas que celui qui les a fournies. M. Dubuat, auteur des *Principes d'hydraulique*, paraît être le premier qui se soit aperçu de ce défaut, et qui, pour l'éviter, ait cherché à mesurer les pressions locales dans les diverses parties de la surface des corps exposés au choc d'un fluide en mouvement. Ses expériences, en petit nombre, qu'il ne lui a pas été possible de varier beaucoup quant à la forme des corps, présentent néanmoins

des résultats curieux. L'Académie a pensé qu'il était utile de reprendre ces expériences avec des instrumens perfectionnés, de les multiplier, et d'en varier encore plus les circonstances ; et elle propose en conséquence pour sujet de prix le programme suivant :

*Examiner dans ses détails le phénomène de la résistance de l'eau, en déterminant avec soin par des expériences exactes les pressions que supportent séparément un grand nombre de points convenablement choisis sur les parties antérieures ; latérales et postérieures d'un corps, lorsqu'il est exposé au choc de ce fluide en mouvement, et lorsqu'il se meut dans le même fluide en repos ; mesurer la vitesse de l'eau en divers points des filets qui avoisinent le corps ; construire sur les données de l'observation les courbes que forment ces filets* (1); *déterminer le point où commence leur déviation en avant du corps ; enfin établir, s'il est possible, sur les résultats de ces expériences, des formules empiriques que l'on comparera ensuite avec l'ensemble des expériences faites antérieurement sur le même sujet.*

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1828. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1828.

Ce terme est de rigueur.

---

(1) Ce qui peut se faire de plusieurs manières, et d'abord au moyen de corps légers qu'on jette sur la surface de l'eau.

*Prix de Mathématiques, proposé en* 1824, *pour l'année* 1826, *remis au concours pour l'année* 1827.

L'Académie avait proposé le sujet suivant pour le prix de mathématiques qu'elle devait décerner dans sa séance publique de juin 1826 :

*Méthode pour le calcul des perturbations du mouvement elliptique des comètes, appliquée à la détermination du prochain retour de la comète de* 1759, *et au mouvement de celle qui a été observée en* 1805, 1819 *et* 1822.

*L'Académie a jugé qu'il était important d'appeler l'attention des géomètres et des astronomes sur la théorie des perturbations des comètes, afin de donner lieu à un nouvel examen des méthodes connues, et à deux applications principales, dont les élémens sont très-différens, et qui offrent l'une et l'autre beaucoup d'intérêt.*

Aucune des pièces envoyées au concours n'ayant obtenu le prix, l'Académie propose de nouveau le même sujet pour l'année 1827.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1827. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1827.

Ce terme est de rigueur.

*Prix de Mathématiques, proposé en* 1822 *pour l'année* 1824, *remis au concours pour l'année* 1826, *et remis de nouveau au concours pour l'année* 1827.

L'Académie considère la théorie de la chaleur comme une des questions les plus importantes auxquelles on ait

appliqué les sciences mathématiques ; cette théorie a déjà été l'objet de plusieurs prix décernés, et les pièces que l'Académie a couronnées ont beaucoup contribué à perfectionner cette branche de la physique mathématique. L'Académie avait proposé la question suivante, pour objet du prix de mathématiques qu'elle devait décerner dans la séance de juin 1826 :

1°. *Déterminer, par des expériences multipliées, la densité qu'acquièrent les liquides, et spécialement le mercure, l'eau, l'alcool et l'éther sulfurique, par des compressions équivalentes au poids de plusieurs atmosphères ;*

2°. *Mesurer les effets de la chaleur produits par ces compressions.*

L'Académie a reçu trois Mémoires qui ne lui ont pas paru mériter le prix, mais elle a pensé que le temps qu'elle avait accordé n'avait pas suffi aux auteurs pour établir d'une manière certaine les expériences nécessaires à la solution de la question ; elle a donc jugé qu'il était convenable de proroger le concours jusqu'au 1er mars de l'année 1827.

Le mérite du travail demandé par l'Académie réside tout entier dans le choix des procédés et dans la précision des observations. Les physiciens qui se sont occupés, jusqu'ici, de la compressibilité des liquides, paraissent avoir méconnu une cause d'erreur que nous devons signaler ici, puisqu'elle pourrait laisser de l'incertitude sur les valeurs numériques déduites d'observations faites, d'ailleurs, avec le plus grand soin.

Lorsque le liquide, sur lequel on expérimente, est renfermé dans un vase qui éprouve, sur ses deux sur-

faces extérieure et intérieure, la pression communiquée au fluide dans lequel l'appareil est plongé, la contraction que l'on observe alors n'est que la différence des condensations du liquide et de la matière solide qui le contient; en sorte que, pour connaître la compression réelle du liquide, il faut déterminer celle que subit un volume égal de la substance solide, et l'ajouter à la contraction apparente donnée par l'observation immédiate.

Si les concurrens croient devoir vérifier, par l'emploi de diverses méthodes expérimentales, les résultats auxquels ils seront parvenus, il est à désirer qu'ils présentent séparément ceux qui seront donnés par chacune d'elles. C'est le seul moyen de découvrir et de pouvoir évaluer par la suite les erreurs occasionées par quelques circonstances dont l'influence ne serait pas encore bien connue. Enfin, pour rendre plus commode le rapprochement des divers résultats, il serait à propos qu'après avoir rapporté les données immédiates de l'observation, les auteurs les réduisissent toutes à une même unité.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1827. Les Mémoires devront être remis au secrétariat de l'Institut avant le 1er mars 1827.

Ce terme est de rigueur.

*Prix fondé par feu M. Alhumbert.*

Feu M. Alhumbert ayant légué une rente annuelle de *trois cents francs* pour être employée aux progrès des

sciences et des arts, le Roi a autorisé les Académies des Sciences et des Beaux-Arts à décerner alternativement, chaque année, un prix de cette valeur.

L'Académie n'ayant point reçu de Mémoires satisfaisans sur les questions mises au concours et dont les prix devaient être adjugés cette année, a arrêté que les sommes destinées à cet emploi seront réunies avec celles qui doivent échoir, pour former un prix de 1,200 francs, lequel sera décerné, dans la séance publique du mois de juin 1829, au meilleur Mémoire sur la question suivante :

*Exposer d'une manière complète et avec des figures, les changemens qu'éprouvent le squelette et les muscles des grenouilles et des salamandres dans les différentes époques de leur vie.*

Les Mémoires devront être envoyés, francs de port, au secrétariat de l'Académie avant le 1er janvier 1829.

Ce terme est de rigueur.

### *Prix de Physiologie expérimentale, fondé par M. de Montyon.*

Feu M. le baron de Montyon ayant conçu le noble dessein de contribuer aux progrès des sciences, en fondant plusieurs prix dans les diverses branches de nos connaissances, a offert une somme à l'Académie des Sciences, avec l'intention que le revenu fût affecté à un prix de physiologie expérimentale à décerner chaque année; et le Roi ayant autorisé cette fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818,

L'Académie annonce qu'elle adjugera une médaille d'or de la valeur de *huit cent quatre-vingt-quinze francs*

à l'ouvrage imprimé, ou manuscrit, qui lui aura été adressé d'ici au 1er janvier 1827, et qui lui paraîtra avoir le plus contribué aux progrès de la physiologie expérimentale.

Les auteurs qui désireraient concourir pour ce prix sont invités à adresser leurs ouvrages, francs de port, au secrétariat de l'Académie, avant le 1er janvier 1827.

Ce terme est de rigueur.

Le prix sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1827.

*Prix de Mécanique, fondé par M. de Montyon.*

M. de Montyon a offert une rente de *cinq cents francs* sur l'Etat, pour la fondation d'un prix annuel, autorisé par une ordonnance royale du 29 septembre 1819, en faveur de celui qui, au jugement de l'Académie royale des Sciences, s'en sera rendu le plus digne, en inventant ou en perfectionnant des instrumens utiles aux progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences.

L'Académie a décidé, sur l'avis de sa Commission, qu'il n'y a point lieu cette année de décerner ce prix. En conséquence, il sera réuni avec celui de 1826, pour être donné dans la séance publique du premier lundi de juin 1827.

Ce prix sera une médaille d'or de la valeur de *mille francs*.

Il ne sera donné qu'à des machines dont la description, ou les plans ou modèles, suffisamment détaillés, auront été soumis à l'Académie, soit isolément, soit dans quelque ouvrage imprimé, transmis à l'Académie.

L'Académie invite les auteurs qui croiraient avoir des droits à ce prix, à communiquer les descriptions manuscrites ou imprimées, de leurs inventions, avant le 1er janvier 1827.

Ce terme est de rigueur.

*Grands Prix du Legs Montyon.*

Conformément au testament de feu M. le baron Auget de Montyon, et aux ordonnances royales du 29 juillet 1821 et du 2 juin 1824, la somme annuelle résultant des legs dudit sieur baron de Montyon pour récompenser les perfectionnemens de la médecine et de la chirurgie, sera employée, pour moitié, en un ou plusieurs prix à décerner par l'Académie royale des Sciences, à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages ou découvertes qui, ayant pour objet le traitement d'une maladie interne, seront jugés les plus utiles à l'art de guérir; et l'autre moitié, en un ou plusieurs prix à décerner par la même Académie à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages ou découvertes qui, ayant eu pour objet le traitement d'une maladie externe, seront également jugés les plus utiles à l'art de guérir.

La somme annuelle provenant du legs fait par le même testateur en faveur de ceux qui auront trouvé les moyens de rendre un art ou un métier moins insalubre, sera également employée en un ou plusieurs prix à décerner par l'Académie aux ouvrages ou découvertes qui auront paru dans l'année sur les objets les plus utiles et les plus propres à concourir au but que s'est proposé le testateur.

Les sommes qui seront mises à la disposition des au-

teurs des découvertes ou des ouvrages couronnés ne peuvent être indiquées d'avance avec précision, parce que le nombre des prix n'est pas déterminé; mais ces sommes pourraient surpasser beaucoup la valeur des plus grands prix décernés jusqu'à ce jour. Les libéralités du fondateur et les ordres du Roi ont donné à l'Académie les moyens d'élever les prix à une valeur considérable; en sorte que les auteurs soient dédommagés des expériences ou recherches dispendieuses qu'ils auraient entreprises, et reçoivent des récompenses proportionnées aux services qu'ils auraient rendus, soit en prévenant ou diminuant beaucoup l'insalubrité de certaines professions, soit en perfectionnant les sciences médicales.

Les concurrens pour l'année 1826 sont invités à adresser leurs ouvrages, leurs Mémoires, et, s'il y a lieu, les modèles de leurs machines ou de leurs appareils, francs de port, au secrétariat de l'Institut, avant le 1er février 1827.

Le jugement de l'Académie sera annoncé à la séance publique du premier lundi du mois de juin de l'année 1827.

*Prix d'Astronomie, fondé par M. de Lalande.*

La médaille fondée par M. de Lalande, pour être donnée annuellement à la personne qui, en France ou ailleurs (les membres de l'Institut exceptés), aura fait l'observation la plus intéressante, ou le Mémoire le plus utile aux progrès de l'astronomie, sera décernée dans la séance publique du premier lundi de juin 1827.

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *six cent vingt-cinq francs.*

*Prix de Statistique, fondé par M. de Montyon.*

(*Voyez* le Programme que nous avons publié l'année dernière.)

Les Mémoires manuscrits, destinés au concours de l'année 1826, doivent être adressés au secrétariat de l'Institut, *francs de port*, et remis avant le 1er janvier 1827; ils peuvent porter le nom de l'auteur, ou ce nom peut être écrit dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Quant aux ouvrages imprimés, il suffit qu'ils aient été publiés dans le courant de l'année 1826, et qu'ils aient été adressés à l'Académie avant l'expiration du délai indiqué. Le prix sera double et consistera en une médaille d'or, équivalente à la somme de *mille soixante francs.* Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1827.

---

Les Mémoires et machines devront être adressés, *francs de port*, au secrétariat de l'Institut avant le terme prescrit, et porter chacun une épigraphe ou devise, qui sera répétée, avec le nom de l'auteur, dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Les concurrens sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages qui auront été envoyés au concours; mais les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies.

---

## Analyse *des cendres de l'Etna envoyées par M.* Ferrari, *professeur d'histoire naturelle à Palerme.*

Par M. Vauquelin.

M. Ferrari m'a fait remettre par M. son frère les cendres dont il s'agit. Voici ce qu'il dit à ce sujet dans une lettre qui accompagnait l'envoi :

« Les tremblemens de terre qui ont ébranlé la Sicile dans ces derniers temps m'ont donné l'occasion de réunir les observations que j'ai faites sur cette terrible opération de la nature, à différentes époques, dans ma patrie où elle se répète assez fréquemment. J'ai tenté d'apprécier de près la cause qui a pu la produire et qui la renouvelle de temps en temps. L'Etna, qui a tant de part aux phénomènes dont je m'occupe, vomit en 1822 beaucoup de cendres. On a répandu le bruit que la matière vomie était une boue volcanique. J'ai remis à mon frère un paquet de cette matière pour que vous l'analysiez. J'y joins une petite boîte contenant une concrétion formée dans l'intérieur du cratère de l'île ardente de Vulcano dans les Eolies. La moitié du morceau, soumis à l'examen, a donné de l'acide borique avec du soufre. »

Ces cendres ont une couleur grise, une ténuité assez grande ; chauffées au rouge avec le contact de l'air, elles exhalent de l'acide sulfureux : dans un vase clos elles donnent du soufre.

Un gramme de ces cendres, chauffées dans un appareil convenable avec six décigrammes de chlorate de potasse, ont donné un gaz qui contenait de l'oxigène, du chlore et

10 centimètres cubes d'acide carbonique; le résidu avait pris une couleur rougeâtre.

Après avoir absorbé le chlore en l'agitant avec le mercure, on a mis ce qui restait de gaz en contact avec une solution de potasse; la diminution a été de 10 centimètres cubes. La potasse qui avait été employée à cette opération précipitait abondamment l'eau de chaux, tandis qu'auparavant elle ne la précipitait pas du tout.

Ce résultat annonce, à-peu-près, un centième de charbon dans cette cendre.

Quatre grammes de cette cendre, lavée à l'eau bouillante jusqu'à ce que celle-ci ne fût plus affectée par les réactifs, a fourni une lessive qui précipitait abondamment par le muriate de baryte, l'oxalate d'ammoniaque, et un peu par le nitrate d'argent, ce qui annonce la présence du sulfate de chaux et d'un muriate. Par l'évaporation, ce liquide a fourni 74 centigrammes de sulfate de chaux. Celui-ci, lavé avec un peu d'eau et sa lessive évaporée, a fourni un résidu dans lequel on distinguait, parmi la portion de sulfate de chaux qui s'était redissoute, quelques cristaux verts et d'autres blancs. Ces cristaux, repris de nouveau par une petite quantité d'eau, ont donné un précipité rouge par le prussiate de potasse ferruré, et un précipité blanc floconneux par l'eau de chaux et la dissolution d'argent. Le précipité produit par l'eau de chaux était en partie redissous par la potasse caustique.

Ainsi l'eau qui avait servi à laver la cendre contenait du sulfate de cuivre, du sulfate de chaux, du sulfate d'alumine et de magnésie, et un muriate dont j'ignore l'espèce.

La matière lavée à l'eau bouillante, ainsi qu'il vient d'être dit, a été ensuite traitée, à l'aide de la chaleur, par l'acide muriatique; elle a communiqué à ce dissolvant une couleur rougeâtre; la liqueur, filtrée et étendue d'eau, a été précipitée par l'ammoniaque; le précipité était rose pâle, et la liqueur légèrement bleue. Filtrée de nouveau, cette liqueur précipitait abondamment par l'oxalate d'ammoniaque et devenait d'un beau rouge par le prussiate de potasse.

Le précipité formé par l'ammoniaque ayant bouilli avec de la potasse caustique, a fourni une quantité notable d'alumine et beaucoup de fer oxidé.

Après les opérations ci-dessus, le résidu de la cendre ne pesait plus que 2 grammes et quelques centièmes; exposé au feu, il a exhalé d'abord l'odeur du soufre, et ensuite très-fortement celle de l'acide sulfureux : sa couleur était alors rosée.

L'acide muriatique avait enlevé à la cendre de l'Etna, 1°. du fer; 2°. de l'alumine; 3°. de la chaux; 4°. du cuivre.

Le résidu non attaqué par l'acide muriatique contenait encore de la pyrite martiale, puisqu'il répandait une forte odeur de soufre par la chaleur. Fondu avec la potasse, et le résultat dissous dans l'acide muriatique, il a donné par l'évaporation une masse gélatineuse de couleur jaune, qui, lavée avec de l'eau, a laissé beaucoup de silice : la liqueur contenait du fer, de l'alumine et de la magnésie.

*Deuxième opération.*

Quatre grammes de la même cendre, lavés à l'eau

bouillante, ainsi qu'il a été dit plus haut, et séchés ensuite, ne pesaient plus que 1 gramme 64 centigr.

Le résidu, soumis à l'action d'une lessive de potasse caustique bouillante, a communiqué à cet alcali une couleur jaune, et la propriété de précipiter en blanc par l'acide nitrique, et d'exhaler, au moment du mélange, une odeur hépatique. Le précipité avait une couleur grise et occupait un grand volume; lavé à plusieurs eaux et séché, il paraissait noir; il y en avait au plus 2 centig. Exposé à la chaleur, il a brûlé avec tous les phénomènes du soufre, et a laissé une trace jaune qui était de l'oxide de fer.

Ce soufre provient évidemment de la décomposition partielle des pyrites par l'alcali.

La cendre, après avoir subi ces deux épreuves, a été traitée avec deux parties de potasse caustique et chauffée au rouge dans un creuset de platine. Le résultat, délayé dans l'eau, ne s'est pas entièrement dissous dans l'acide muriatique étendu : il est resté une petite quantité de poudre grisâtre qui est devenue rouge par la calcination. Traitée une seconde fois par la potasse, elle s'est dissoute dans l'acide muriatique et lui a communiqué une couleur jaune.

La première dissolution muriatique, évaporée à siccité, s'est prise en une gelée qui, délayée avec de l'eau, a laissé de la silice floconneuse qui était un peu colorée en rouge par de l'oxide de fer.

La liqueur filtrée a donné, à l'aide de l'ammoniaque, un précipité jaune pâle et gélatineux, et la liqueur avait une teinte bleue légère. Après avoir neutralisé l'acide

muriatique, elle a pris une couleur rouge par le prussiate de potasse.

La seconde dissolution, évaporée de même, fournit un résidu gélatineux qui, délayé dans l'eau, fut filtré : le liquide donna par l'ammoniaque un précipité jaune, composé d'alumine et de fer. Le liquide ammoniacal n'avait pas sensiblement de couleur bleue, cependant il donnait encore des signes de la présence du cuivre par le prussiate de potasse.

L'on voit, par cette esquisse d'analyse, que la cendre vomie par l'Etna contient :

1°. Du sulfate de chaux ;
2°. Du sulfure de fer ou pyrite ;
3°. De l'alumine ;
4°. De la silice ;
5°. De la chaux, ou plutôt une roche formée de ces trois terres ;
6°. Du sulfate de cuivre ;
7°. Un muriate dont j'ignore l'espèce ;
8°. Des traces de soufre isolé ;
9°. Du charbon ;
10°. De l'humidité.

Sans prétendre ici donner les proportions exactes de ces substances, je vais cependant en donner une approximation ; sur 100 parties :

| | |
|---|---|
| Silice..... | 28,10 ; |
| Sulfate de chaux.... | 18 . . ; |
| Sulfure de fer..... | 20,88 ; |
| Alumine..... | 8 . . ; |
| Chaux..... | 2,60 ; |
| Charbon..... | 1. |
| | 78,58. |

L'humidité, le sulfate de cuivre, le sulfate d'alumine, les traces de muriate et de soufre libre, doivent s'élever à 21,42 pour compléter le quintal.

Il est possible que ces cendres contiennent aussi un peu d'alcali, mais je n'ai pu le vérifier faute d'une quantité suffisante de matière : je n'en ai eu que 8 grammes à ma disposition.

(*Journ. de Pharm.*)

---

## Relation *entre la forme des cristaux et leur dilatation par la chaleur.*

Par M. Mitscherlich.

Nous avons déjà fait connaître (*Ann.*, t. xxv, p. 108), les curieux résultats obtenus par M. Mitscherlich sur la dilatation du carbonate de chaux. Voici les conséquences plus générales auxquelles il est arrivé depuis :

Les cristaux qui n'ont qu'une réfraction simple se dilatent également dans tous les sens : l'action de la chaleur n'altère pas leurs angles ;

Les cristaux, dont la forme primitive est un rhomboïde ou un prisme hexaèdre régulier, se comportent dans les directions transversales, tout autrement que dans la direction de l'axe principal : les trois axes perpendiculaires à celui-ci se dilatent également ;

Les cristaux dont la forme primitive est un octaèdre rectangulaire ou rhomboïdal, et, en général, tous ceux qui ont deux axes de double réfraction, se dilatent différemment dans leurs trois dimensions et de manière que les petits axes se dilatent à proportion plus que les grands.

---

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 763,26 | + 9,7 | | 762,56 | +10,2 | | 761,88 | +10,7 | 70 | 761,32 | + 7,5 | 76 | +10,7 | + 2,5 | Couvert. | N. N. O. |
| 2 | 758,96 | + 6,5 | 90 | 758,15 | + 9,9 | 72 | 757,34 | +12,0 | 57 | 756,96 | + 9,5 | 70 | +12,0 | + 4,2 | Couvert | N. E. |
| 3 | 757,15 | + 9,0 | 90 | 756,70 | +13,2 | 81 | 755,56 | +15,1 | 72 | 756,03 | +10,0 | 85 | +15,1 | + 6,5 | Quelques éclaircies. | N. |
| 4 | 757,10 | + 8,3 | 71 | 756,85 | +10,0 | 64 | 756,40 | +11,3 | 59 | 756,60 | + 7,0 | 79 | +11,3 | + 5,8 | Quelq. pet. éclaire. | N. N. O. |
| 5 | 754,74 | + 7,0 | 91 | 755,14 | +10,5 | 76 | 754,97 | + 9,8 | 71 | 755,80 | + 8,5 | 80 | +11,0 | + 4,5 | Très-couvert. | E. N. E. |
| 6 | 755,06 | + 7,8 | 77 | 754,94 | + 9,3 | 70 | 754,50 | + 9,6 | 68 | 754,93 | + 7,8 | 91 | + 9,8 | + 5,6 | Couvert. | N. |
| 7 | 755,40 | + 9,2 | 86 | 755,10 | +10,2 | 83 | 754,60 | + 8,5 | 96 | 754,02 | + 9,0 | 100 | +10,3 | + 5,7 | Couvert. | N. |
| 8 | 755,17 | +11,9 | 89 | 755,32 | +14,2 | 64 | 755,16 | +16,0 | 60 | 755,50 | +12,0 | 92 | +16,0 | + 8,8 | Quelques éclaircies. | E. N. E. |
| 9 | 756,20 | +10,2 | 98 | 756,03 | +12,7 | 92 | 754,80 | +15,5 | 80 | 754,96 | +12,2 | 95 | +15,5 | + 9,2 | Couvert. | N. |
| 10 | 756,47 | +12,8 | 89 | 756,32 | +17,8 | 71 | 755,82 | +17,8 | 64 | 756,93 | +12,5 | 70 | +17,8 | + 8,4 | Très-nuageux. | N. N. E. |
| 11 | 757,80 | +14,0 | 66 | 757,52 | +16,5 | 50 | 756,85 | +17,5 | 48 | 757,63 | +12,2 | 63 | +17,5 | + 7,7 | Petits nuages. | E. N. E. |
| 12 | 759,24 | +11,2 | 85 | 758,90 | +15,1 | 67 | 758,32 | +16,5 | 60 | 759,34 | +11,3 | 78 | +16,5 | + 6,8 | Beau. | N. N. E. fort. |
| 13 | 760,33 | +12,4 | 75 | 759,56 | +15,4 | 67 | 758,46 | +16,2 | 56 | 757,75 | +11,7 | 71 | +16,5 | + 6,2 | Beau. | N. E. |
| 14 | 756,87 | +13,1 | 71 | 756,16 | +16,8 | 60 | 755,02 | +18,3 | 44 | 754,76 | +13,3 | 64 | +18,6 | + 6,1 | Beau. | E. N. E. |
| 15 | 756,35 | +13,2 | 71 | 756,04 | +16,2 | 57 | 755,40 | +17,0 | 50 | 756,32 | +12,4 | 73 | +17,0 | + 6,8 | Légères vapeurs. | N. N. E. |
| 16 | 758,78 | +13,9 | 73 | 758,62 | +15,5 | 55 | 758,28 | +16,9 | 46 | 759,50 | +12,8 | 61 | +16,9 | + 6,8 | Beau. | E. N. E. |
| 17 | 760,86 | +14,2 | 77 | 761,16 | +17,0 | 68 | 760,60 | +18,7 | 60 | 759,92 | +14,7 | 71 | +18,8 | + 9,4 | Quelq. pet. éclaire. | O. N. O. |
| 18 | 760,40 | +13,5 | 85 | 759,58 | +20,3 | 73 | 758,90 | +20,3 | 71 | 758,62 | +16,5 | 77 | +20,3 | + 9,3 | Petites éclaircies. | N. N. O. |
| 19 | 755,94 | +19,2 | 70 | 754,36 | +20,8 | 62 | 752,80 | +20,8 | 57 | 750,88 | +15,7 | 80 | +20,7 | + 9,5 | Nuageux. | O. S. O. |
| 20 | 749,24 | +13,0 | 94 | 749,82 | +12,8 | 93 | 749,37 | +13,4 | 98 | 751,34 | +11,3 | 100 | +13,5 | +11,3 | Pluie très fine. | O. |
| 21 | 754,86 | +14,2 | 86 | 755,06 | +17,0 | 72 | 754,94 | +17,5 | 72 | 755,58 | +14,4 | 91 | +18,2 | + 8,7 | Couvert | N. N. E. |
| 22 | 755,70 | +16,0 | 73 | 754,73 | +20,0 | 59 | 753,10 | +22,1 | 43 | 753,60 | +15,5 | 88 | +22,1 | +10,0 | Quelques pet. nuag. | N. N. O. |
| 23 | 753,23 | +17,8 | 73 | 752,27 | +17,2 | 75 | 751,63 | +11,7 | 100 | 751,75 | +11,7 | 99 | +17,2 | +10,2 | Couvert. | N. N. O. |
| 24 | 751,92 | +13,0 | 79 | 751,20 | +16,0 | 70 | 750,20 | +17,3 | 62 | 749,90 | +13,0 | 92 | +17,8 | +10,5 | Nuageux. | N. O. |
| 25 | 748,53 | +13,5 | 90 | 748,33 | +15,5 | 83 | 748,12 | +14,5 | 93 | 748,84 | +13,0 | 99 | +16,5 | +10,7 | Couvert. | O. |
| 26 | 750,97 | +18,1 | 73 | 750,98 | +20,5 | 62 | 750,52 | +21,3 | 57 | 751,47 | +13,5 | 94 | +21,3 | +11,5 | Nuageux. | S. S. E. |
| 27 | 753,10 | +18,2 | 70 | 752,62 | +21,7 | 63 | 751,88 | +21,9 | 53 | 751,83 | +13,8 | 69 | +21,9 | +10,7 | Nuageux. | S. E. |
| 28 | 751,66 | +17,5 | 82 | 751,40 | +15,3 | 94 | 750,90 | +14,8 | 99 | 750,85 | +11,3 | 99 | +17,5 | +11,2 | Pluie | N. O. |
| 29 | 752,20 | +20,0 | 73 | 752,82 | +21,5 | 65 | 752,96 | +20,7 | 65 | 753,77 | +14,0 | 90 | +21,5 | +12,2 | Couvert. | S. S. O. |
| 30 | 754,80 | +20,4 | 65 | 754,04 | +24,8 | 59 | 753,12 | +24,4 | 59 | 753,80 | +15,0 | 90 | +24,8 | + 9,4 | Nuageux. | E. S. E. |
| 31 | 754,22 | +16,9 | 89 | 754,00 | +18,6 | 80 | 752,62 | +19,4 | 80 | 753,14 | +16,0 | 99 | +20,2 | +13,5 | Pluie fine contin. | S. S. O. |
| 1 | 756,95 | + 9,2 | 82 | 756,71 | +11,8 | 75 | 756,10 | +12,6 | 70 | 756,30 | + 9,6 | 84 | +12,9 | + 6,1 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie en centim. |
| 2 | 757,58 | +13,7 | 77 | 757,17 | +16,6 | 65 | 756,40 | +17,6 | 59 | 756,61 | +13,2 | 74 | +17,6 | + 8,0 | Moyenn. du 11 au 20 | Cour, 4,470 |
| 3 | 752,83 | +16,9 | 78 | 752,49 | +18,9 | 71 | 751,82 | +18,7 | 71 | 752,23 | +13,7 | 92 | +19,9 | +10,8 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 4,040 |
| | 755,70 | +13,4 | 80 | 755,36 | +15,9 | 70 | 754,67 | +16,3 | 66 | 754,96 | +12,2 | 84 | +16,9 | + 8,4 | Moyennes du mois, + 12°,6. | |

# SUITE

## *Du Mémoire sur la Voix des oiseaux.*

PAR M. FÉLIX SAVART.

### DEUXIÈME SECTION.

J'AI fait voir, dans le Mémoire que j'ai publié sur la voix humaine, que le nombre des vibrations d'une colonne d'air renfermée dans un tuyau court, ouvert ou bouché, est influencé par la nature des parois qui forment ce tuyau; et que le résultat de cette influence est un abaissement du son de plus en plus grand, à mesure que la résistance des parois devient moindre. La trachée-artère des oiseaux étant un véritable tuyau élastique, j'ai été conduit à étendre ces recherches aux tuyaux longs et étroits; et j'ai pu constater qu'ils présentent des résultats analogues à ceux des tuyaux courts. Pour atteindre ce but, j'ai construit une série de tuyaux prismatiques carrés, de 1 pied de longueur et de 9 lignes de côté, dont les parois sont en carton formé par des feuilles de papier dont le nombre varie pour chacun de ces tuyaux. Ensuite, pour avoir un point fixe de départ, j'ai construit un semblable tuyau en bois, dont les parois ont 9 à 10 lignes d'épaisseur, et qui en conséquence peuvent être considérées comme n'ayant aucune influence sensible sur le nombre des vibrations de la colonne d'air qu'elles contiennent. Voici le résultat de cette expérience :

| TUYAUX. | SONS. |
|---|---|
| En bois très-épais. | $Si_3$ |
| En carton de 12 épaisseurs de papier fort. | $Si_3$ un peu plus grave. |
| *Id.* de 6 épaisseurs. | $Si_3$ encore un peu plus grave. |
| *Id.* de 5 épaisseurs. | $Si^{b}_{3}$. |
| *Id.* de 4 épaisseurs. | $La^{\#}_{3}$. |
| *Id.* de 3 épaisseurs. | $La_3$. |
| *Id.* de 2 épaisseurs. | $Mi_3$. |
| *Id.* de 2 épaisseurs de papier plus mince. | $Re_3$. |
| *Id.* de 2 épaisseurs de papier encore plus mince. | $Si_2$. |
| *Id.* de 2 épaisseurs de papier un peu imbibé d'eau. | $Sol_2$. |

On voit donc, d'après ce tableau, qu'un tuyau formé de douze épaisseurs de papier, collées ensemble, c'est-à-dire par un carton de près de trois quarts de ligne d'épaisseur, influence déjà le nombre des vibrations de la colonne d'air; et que le son peut s'abaisser de plus d'une octave quand la rigidité des parois diminue beaucoup.

L'on peut obtenir un résultat analogue au précédent, en construisant un tuyau prismatique carré avec de pe-

tits chassis rectangulaires de bois, sur lesquels on tend une seule épaisseur de papier, qu'on humecte plus ou moins de vapeurs aqueuses. On observe que le son devient d'autant plus grave que les parois sont moins tendues, et qu'il peut ainsi s'abaisser même d'une octave sans qu'on cesse de l'entendre.

Cet abaissement du son dépend de ce que les parois des tuyaux élastiques étant ébranlées dans certains points de leur longueur par les alternatives des condensations et des dilatations de la colonne d'air, elles entrent en vibration sous cette influence, et réagissent sur la durée même des oscillations de l'air. En effet, si l'on répand une légère couche de sable sur un tuyau élastique ouvert aux deux bouts et tenu horizontal, tandis qu'on le fait résonner, on remarque pour le son 1, c'est-à-dire, quand il n'y a qu'une surface nodale placée à-peu-près au milieu de la longueur de la colonne d'air, que le sable se porte vers les deux extrémités du tuyau, et qu'il est animé de mouvemens très-vifs aux environs de la partie de la longueur qui correspond à l'endroit où se font les condensations et dilatations de l'air. Pour le son 2, la paroi du tuyau présente une ligne nodale au milieu de sa longueur, et une à chacune de ses extrémités; de sorte que les ventres de vibration de la colonne d'air correspondent aux nœuds de la paroi : pour le son 3, la paroi présente trois parties vibrantes complètes qui embrassent toute sa longueur, et dont les ventres correspondent par conséquent encore aux nœuds de la colonne d'air; les sons 4, 5 et 6, donnent le même résultat, sans que l'épaisseur même des parois influe sur le mode de division qu'elles affectent.

Il est à noter que l'action exercée par l'air sur les parois devient d'autant plus grande, que le son qu'on fait rendre à la colonne d'air est plus élevé : ainsi, par exemple, le sable n'est nullement agité, pour le son 1, sur un tuyau de carton formé de six épaisseurs de papier, mais il l'est pour le son 2 ; il ne l'est pas pour les sons 1 et 2 sur un tuyau de douze épaisseurs, et il l'est pour le son 3, etc.

J'ai déjà fait voir, il y a long-temps, qu'aux endroits où se font les condensations dans les verges régides, il se produit une augmentation de volume assez considérable pour qu'on puisse en constater l'existence par le toucher (1). Mais c'est un phénomène fort remarquable que dans l'air, cette expansion ait lieu avec assez d'énergie pour déterminer des vibrations très-fortes dans un tuyau de carton très-dense, dont les parois ont trois quarts de ligne d'épaisseur sur une largeur de neuf lignes ; car la résistance que ces parois opposent est telle qu'on a de la peine à les faire céder lorsqu'on presse le tube entre les doigts. Et il n'est pas moins remarquable que, quoique les parois affectent constamment un mode de division donné par la colonne d'air elle-même, indépendamment de leur épaisseur propre, elles ne laissent pas cependant de produire le même nombre de vibrations que cette colonne, puisqu'on n'entend qu'un seul son. C'est d'ailleurs un phénomène de communication de mouvement qui confirme bien ce principe que j'ai établi d'après un grand nombre d'expériences : que toutes les fois que deux ou plusieurs corps sont mis en vibration l'un par l'autre, leurs modes de division se modifient

(1) *Mémoire sur la Communication des mouvemens vibratoires entre les corps solides.* (1819.)

toujours d'une manière convenable pour qu'ils puissent rendre le même son ; ce qui fait que souvent le son qu'ils produisent en commun est fort différent de celui qu'ils rendraient chacun en particulier.

Mais, pour que cette réaction des parois d'un tuyau sur la colonne d'air qui y est contenue, ait lieu d'une manière appréciable, il faut que ces parois soient disposées de manière à pouvoir vibrer ; car, si cela n'arrive pas, le nombre des vibrations est sensiblement celui qui convient à la colonne d'air seule. Ainsi, par exemple, si l'on fait un tuyau cylindrique en papier, qu'on le monte sur une embouchure de tuyau d'orgues, la colonne d'air résonnera comme elle le ferait dans le tube le plus résistant : au moins cela arrive ordinairement ; car quelquefois on observe que le son s'abaisse un peu. Cet effet dépend aussi de ce que les tuyaux cylindriques opposent une bien plus grande résistance au mouvement que ceux qui présentent de larges surfaces planes ; mais malgré cela, un tuyau de cette forme, fait d'une seule épaisseur de papier bien tendu, ne laisse pas d'exercer une influence considérable sur le nombre des vibrations de la colonne d'air : c'est ce que l'on peut vérifier sur un tuyau construit de la manière suivante. On enroule sur un cylindre de métal ou de bois une feuille de papier mouillé, ayant les dimensions convenables pour faire un tube d'une seule épaisseur : à chaque extrémité de ce tube, on forme avec une bande de papier assez longue, un anneau fort épais ; puis, tandis que le tout est encore mouillé, on colle ces anneaux à des verges de bois. En prenant quelques précautions, le tube de papier se raccourcissant lorsqu'il se sèche, il se trouve

tendu entre deux points fixes, et il demeure parfaitement cylindrique. L'action exercée par les parois d'un pareil tuyau sur la colonne d'air qu'elles renferment, est telle que quand le tube est bien tendu, le son peut être plus aigu d'environ un ton que celui d'une semblable colonne d'air contenue dans un tuyau résistant; et que si les parois sont au contraire relâchées, le son s'abaisse environ d'une tierce. C'est là du moins ce que j'ai observé sur plusieurs tuyaux de neuf pouces de longueur et de six lignes et demie de diamètre. Il y aurait sans doute d'autres dispositions qui donneraient des résultats différens. On peut seulement remarquer en général que l'influence des parois élastiques a une certaine analogie avec l'action produite par les trous pratiqués sur le tuyau d'un instrument à vent. En effet, de même que dans les tuyaux résistans l'on peut placer des trous vers les points de la paroi correspondans à des ventres de vibration de la colonne d'air, sans que le nombre de vibrations soit altéré; de même aussi dans les tuyaux élastiques on peut placer des anneaux résistans aux endroits qui correspondent à ces ventres, sans que le son subisse aucun changement; tandis qu'au contraire il est très-altéré lorsqu'on diminue ou qu'on augmente la rigidité ou l'épaisseur de la paroi du tube aux endroits qui correspondent aux nœuds de vibration ou qui les avoisinent : et c'est aussi quand les trous sont placés à ces mêmes points qu'ils exercent l'action la plus forte. La différence la plus saillante qu'il y ait entre ces deux actions, c'est que l'une fait monter le son, et que l'autre le fait ordinairement baisser. Si l'on pouvait construire un tuyau dont la paroi pût être alternativement flexible

ou résistante, molle ou élastique en des points divers de sa longueur, il est clair d'après cela qu'un pareil tuyau serait susceptible, quoique d'une longueur et d'un diamètre constans, de rendre une infinité de sons compris entre de certaines limites qui dépendraient du degré possible de rigidité et de flexibilité qu'il pourrait affecter dans les divers points de sa longueur. La trachée-artère des oiseaux, composée d'anneaux cartilagineux qui laissent entre eux des espaces remplis par des membranes d'une ténuité extrême, qui peuvent être tendues ou relâchées, selon que l'animal le désire, semble devoir satisfaire aux conditions que nous venons d'énoncer.

On peut conclure de ces observations que c'est à tort qu'on a généralement admis, depuis Euler, que les parois des tuyaux n'ont aucune influence sur le nombre des vibrations des colonnes d'air qu'elles limitent. Le timbre d'un tuyau de bois ou de carton, si différent de celui d'un tuyau de métal, était déjà une forte raison pour présumer l'inexactitude de cette assertion. D'ailleurs, il est des instrumens, tels que les cors et les trompettes, dont on sent les parois frémir sous la main, quand on en tire des sons intenses : ainsi, dans ces instrumens et autres semblables, le son doit différer un peu de ce qu'il serait, si le tube était plus résistant.

En supposant le tuyau vocal des oiseaux embouché à la manière de nos tuyaux d'orgues, il devrait donc, par de simples variations dans sa tension, être susceptible de produire plusieurs sons, en général plus graves que celui que la colonne d'air qu'il contient ferait entendre dans un tube de même dimension, opposant une résistance invincible au mouvement. Mais son mode d'em-

bouchure, qui n'a point d'analogue dans nos instrumens de musique, présente une disposition particulière d'où il résulte, de la part des parois du tube, une influence beaucoup plus considérable sur le nombre de vibrations de la colonne d'air. Comme nous l'avons vu plus haut, l'extrémité supérieure de chaque bronche présente un rétrécissement produit en dedans par l'aryténoïde et les bourlets de la lèvre interne, en dehors par le cordon vocal externe et le mouvement de rotation du troisième osselet qui porte ce cordon en dedans; et de ces mouvemens combinés, il résulte que la partie membraneuse et supérieure de ce petit tuyau affecte des tensions d'autant plus grandes que le passage que l'air traverse devient plus étroit : on conçoit que, par cette disposition, les membranes excessivement minces qui entourent le larynx, doivent entrer en vibration bien plus facilement que ne le peuvent faire les parois cylindriques, ou même planes d'un tuyau ordinaire. L'on peut se faire une idée de ce mode d'embouchure par l'expérience suivante, qui est plus connue des enfans que des physiciens. Si l'on prend une tige creuse de quelque plante, qu'on la saisisse entre les lèvres en la comprimant légèrement; qu'ensuite on y fasse passer un courant d'air, il se produit des sons qui ont une gravité extraordinaire, eu égard à la longueur et au diamètre de la colonne d'air. Il est évident que les parois du tube entrent très-fortement en vibration; car on les sent frémir sous les lèvres et entre les doigts qui les touchent. Un pareil tuyau, d'un très-petit diamètre, et d'environ deux pouces de longueur, peut donner des sons aussi graves que ceux de la voix humaine. Par de simples variations apportées dans

la vitesse du courant d'air, l'on peut ainsi produire quatre ou cinq sons autour de celui qui sort le plus facilement.

Il semble que la production même du son dans cette circonstance puisse s'expliquer de la manière suivante : la partie du tube qui est dans la bouche conserve d'abord sa cylindricité, elle s'aplatit ensuite légèrement entre les lèvres : or, comme le tube est élastique, cette portion aplatie tend à revenir à sa première forme, en même temps que l'air, poussé avec force, conspire à produire un effet semblable ; cet effet a donc lieu en partie parce que les lèvres, comme corps élastiques, cèdent à la pression, mais ensuite elles réagissent ; puis le tube est de nouveau dilaté, et ainsi de suite. En même temps que les lèvres rétrécissent le tuyau par leur réaction, l'air se comprime dans la partie du tube que la bouche contient, et il se dilate au contraire, quand les lèvres cèdent à la tendance des parois pour revenir à leur position naturelle : il résulte de cette double action que la colonne d'air et les parois du tube sont ébranlées en même temps avec beaucoup de force, et qu'en conséquence le son acquiert beaucoup d'intensité. Chez les oiseaux, le rétrécissement du canal étant produit par des cordons élastiques réunis aux parois mêmes du tuyau, cette disposition est sans doute beaucoup plus favorable à la production de l'effet que nous venons d'indiquer.

On a voulu comparer l'embouchure du tuyau vocal des oiseaux à une anche libre ; mais il est évident, d'après ce que nous venons de dire des tuyaux élastiques, que cette comparaison n'est pas exacte. D'ailleurs, si elle l'était, les oiseaux ne pourraient faire entendre qu'un seul son à l'occasion d'une ouverture déterminée

des lèvres de leur glotte ; mais l'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi. En effet, si l'on enlève avec promptitude la trachée-artère et les bronches d'un oiseau chanteur qu'on vient de faire périr à l'instant même, qu'on souffle de l'air dans cet organe, on entend aussitôt un son, qui est ordinairement le même que celui que la frayeur arrachait à l'animal peu d'instans avant sa mort ; et ensuite, si l'on varie la vitesse du courant d'air, l'on peut ainsi produire tous les sons possibles compris dans un intervalle d'environ une octave et demie. Cette expérience, que j'ai faite sur des merles, des étourneaux, des linotes, des chardonnerets, des alouettes, etc., montre que plusieurs sons très-éloignés les uns des autres peuvent être donnés par le larynx inférieur des oiseaux, sans que l'état de cet organe subisse aucun changement important : l'on sait que les anches ne donnent, au contraire, qu'un seul son qui n'est que très-légèrement influencé par la vitesse plus ou moins grande du courant d'air.

Une dernière preuve que les membranes élastiques jouent un rôle important dans la production des sons par le larynx inférieur des oiseaux, c'est l'existence de cette petite membrane placée au-dessus de la traverse osseuse du tambour, membrane qui ne se trouve bien développée que chez les oiseaux qui chantent le mieux, ou qui peuvent facilement apprendre à parler, et qui n'existe chez aucun de ceux qui sont privés de ces avantages. Pour découvrir le rôle que joue cette petite cloison membraneuse, il faut disposer d'une manière analogue un ruban étroit et mince, de baudruche, par exemple, à l'orifice d'un petit tube cylindrique à travers

lequel on fait passer un courant d'air ; il se produit, par ce procédé, des sons fort graves et très-intenses relativement à la longueur et au diamètre du tube ; le degré qu'ils occupent dans l'échelle musicale dépend de la tension de la membrane et de la vitesse du courant d'air. Sous l'influence de ces deux causes, le son peut varier de plus d'une octave. Chez les oiseaux, cette membrane étant composée de deux feuillets qui ne sont que la continuité des membranes tympaniformes, la lèvre interne de la glotte ne peut pas se tendre et l'orifice de chaque bronche ne peut pas se rétrécir, sans que la membrane semi-lunaire se tende aussi ; réciproquement, quand la glotte s'ouvre, tout l'appareil se trouve détendu ; ainsi, en vertu des lois de la communication des vibrations, si quelqu'une de ces parties est d'abord ébranlée, toutes les autres doivent participer à son mouvement ; et comme elles tiennent aux parois mêmes du tuyau vocal, tout ce système doit résonner conjointement avec la colonne d'air et en influencer beaucoup le nombre des vibrations.

La gravité des sons que peuvent produire les oiseaux n'est donc plus un phénomène inexplicable : elle dépend évidemment de l'élasticité des parois du tuyau vocal et de son mode d'embouchure ; mais ce tuyau présente encore une autre particularité importante à examiner, c'est qu'il est armé d'une double embouchure, disposition qui contribue beaucoup à l'intensité du son et à sa pureté. En effet, si l'on construit un tuyau d'orgues en forme d'Y, et portant une embouchure à chacune de ses deux petites branches, les qualités du son sont très-différentes selon qu'on souffle dans un de ces

petits tuyaux ou dans les deux à-la-fois : dans ce dernier cas, il acquiert une intensité et une rondeur dont il est bien loin dans le premier, et dont les tuyaux d'orgues ordinaires n'approchent jamais. Cet effet tient sans doute à ce que les ondulations parties de chacune des embouchures se superposent parfaitement dans toute l'étendue du système, ce qui augmente l'amplitude des oscillations des particules de l'air. Les sons produits ainsi peuvent acquérir de l'intensité par l'accélération du courant d'air, sans que le ton monte sensiblement ; et quand on veut faire produire en même temps des sons différens aux deux embouchures, on ne peut pas y réussir ; le plus grave étouffe toujours le plus aigu, qui se met de suite à l'unisson. Il est donc évident, d'après cela, que c'est principalement à la double embouchure de leur tuyau vocal que les oiseaux doivent la faculté d'émettre des sons si remarquables par leur intensité. Cette expérience serait susceptible de plusieurs applications : on voit d'abord qu'il y aurait de l'avantage à mettre une double embouchure aux tuyaux d'orgues fort longs qui, comme on sait, parlent toujours très-difficilement et ne donnent que des sons sourds et peu agréables. On conçoit ensuite que, par ce procédé, on pourrait perfectionner les cornets acoustiques, les porte-voix et les stéthoscopes.

Il était d'autant plus nécessaire que le tuyau vocal des oiseaux présentât un moyen particulier pour le renforcement du son, qu'il est d'un diamètre très-petit relativement à sa longueur ; car on sait que les tuyaux dont la longueur est au diamètre environ comme 30 ou 40 est à 1, parlent avec beaucoup de peine, surtout

quand on veut leur faire rendre leur son fondamental : c'est là justement le cas de la trachée-artère des oiseaux. En outre, le peu de volume de la colonne d'air semble être par lui-même un obstacle à la production des sons. Mais l'expérience montre que des tuyaux faits avec des tubes capillaires de mêmes dimensions que la trachée de nos petits oiseaux, peuvent non-seulement donner avec facilité leur son fondamental, mais encore que ce son est beaucoup plus intense qu'on n'aurait pu le présumer.

Tels sont, en général, les faits sur lesquels il nous paraît que doit reposer l'explication du mécanisme de la voix des oiseaux. On conçoit en effet que chez ceux dont le larynx est privé de muscles propres, comme les coqs, les perdrix, les dindons, les cailles, etc., et dont la trachée est rétrécie inférieurement, ou bien dont les bronches présentent un rétrécissement vers leur partie supérieure, l'organe est réduit à un véritable tuyau à parois membraneuses et élastiques, ébranlé par le courant d'air : en conséquence le nombre des sons possibles doit être très-limité, puisqu'il dépend uniquement de la vitesse du courant d'air, et de l'influence que les puissances qui élèvent ou qui abaissent la trachée peuvent exercer sur la tension de la partie membraneuse de l'organe. Ainsi les sons seront d'autant plus graves que la trachée sera plus longue, que son diamètre sera plus considérable, et qu'elle sera formée de parois plus minces.

Chez les oiseaux dont le larynx présente un ou deux muscles propres susceptibles d'apporter des variations dans le diamètre de la glotte et dans la tension de l'extré-

mité inférieure de la trachée, le nombre des sons possibles deviendra plus grand, et les diverses intonations devront se faire avec moins d'effort de la part des organes qui servent à l'expiration. Chez certains oiseaux de cette classe on rencontre une disposition particulière, qui doit même leur permettre de varier les sons jusqu'à un certain point. Par exemple, dans le pigeon ordinaire, les diverses espèces de tourterelles et le pigeon colombin, les deux derniers anneaux de la trachée sont articulés ensemble antérieurement et postérieurement; mais ils laissent entr'eux, de chaque côté, un espace fort large qui est rempli par une membrane tendue à la face externe de laquelle s'attache l'extrémité inférieure du muscle propre, tandis que sa face interne est recouverte par une couche d'une substance analogue à celle qui forme le cordon vocal externe des oiseaux chanteurs : à l'intersection des bronches, on trouve un bourrelet formé de cette même substance.

Chez les oiseaux dont le larynx est environné de cinq à six paires de muscles propres, mais sans membrane semi-lunaire, la voix est déjà plus variée; cependant elle se réduit encore à une sorte de gazouillement assez sourd et à des espèces de cris le plus généralement aigus; c'est ce qu'on observe dans les moineaux, les gros-becs, les roitelets, etc. En effet, outre que l'absence de la membrane semi-lunaire prive l'animal d'un moyen important pour apporter de grandes modifications dans la production des sons, elle a aussi pour résultat de diminuer le nombre des tensions possibles de la membrane tympaniforme; c'est comme si son étendue était moins considérable.

Enfin, chez les oiseaux dont le larynx est pourvu de cinq à six paires de muscles propres et de membrane semi-lunaire, cet organe présente une foule de moyens pour modifier et varier les sons d'une infinité de manières différentes. Les lèvres de la glotte formées par des cordons ou bourrelets d'une substance molle et en même temps très-élastique; le mouvement du troisième osselet et celui du petit cartilage aryténoïde, qui, sous l'influence des muscles qui les mettent en jeu, peuvent graduer avec une précision extrême le diamètre de la glotte, et la tension des membranes semi-lunaire et tympaniforme, l'action des muscles abaisseurs de la trachée qui peuvent raccourcir cet organe ou l'abandonner à lui-même, tandis que les muscles propres impriment au larynx diverses modifications; enfin, la ténuité excessive de toutes les membranes qui constituent cet appareil, aussi admirable par le fini de ses détails que par les résultats qu'il produit, tels sont les principaux moyens que les oiseaux chanteurs ont à leur disposition, non-seulement pour varier le degré des sons, mais encore pour leur imprimer une foule de caractères particuliers dont nos instrumens de musique ne sont pas susceptibles. Ainsi le chant de la plupart des oiseaux, d'un serin, par exemple, se compose de sons de flûte, de sons qui ont une certaine analogie avec ceux de la voix humaine, de sons d'anche très-criards, et les sons de chacune de ces espèces peuvent encore différer par le timbre, l'éclat et la pureté.

Il est extrêmement probable que la membrane semi-lunaire est le principal agent de la production des sons d'anche; car telle est la nature des sons d'un tuyau

dans lequel l'air est mis en vibration par une petite membrane placée à son orifice, et telle est aussi la nature des sons que font entendre les oiseaux chez les lesquels la membrane semi-lunaire est le plus développée, comme les corneilles, les pies, les geais, les étourneaux. Il est extrêmement probable que, lors de la production des sons de cette espèce, la glotte est en général plus relâchée et plus ouverte que pour la production des sons de flûte. En effet, lorsqu'on opère la section transversale de la trachée sur des oiseaux vivans, ce qui produit sans aucun doute le relâchement de la glotte, puisque les nerfs qui se distribuent au larynx inférieur sont coupés en même temps, on remarque que ces oiseaux ne peuvent plus produire que des sons plus ou moins sourds, plus ou moins criards, et toujours analogues à ceux des anches : c'est ce que j'ai pu observer sur des linotes, des alouettes, des chardonnerets, des bouvreuils, des étourneaux, etc. Mais comme les oiseaux sur lesquels on pratique cette section paraissent souffrir beaucoup, et qu'ils périssent bientôt après, suffoqués par quelque caillot de sang coagulé dans la trachée, cette expérience ne permet pas d'examiner dans tous leurs détails les phénomènes qui résultent du relâchement de la glotte : il est préférable de se borner à couper les nerfs qui se distribuent au larynx inférieur ; ce qui se fait facilement, vu qu'ils descendent le long de la trachée, à droite et à gauche, sans être recouverts par d'autres parties que la peau et du tissu cellulaire. Les oiseaux peuvent vivre long-temps après cette section ; en conséquence on peut examiner à loisir les modifications survenues dans les qualités et

le nombre des sons qu'ils sont encore capables de produire. On observe que tous ceux qu'ils font alors entendre sont extrêmement faibles, voilés et analogues à ceux des anches. Quoique la disposition de l'organe vocale ne puisse, sans doute, varier que très-peu chez les oiseaux qui sont dans cet état, néanmoins l'étendue totale de la voix ne paraît pas beaucoup restreinte : elle embrasse encore à-peu-près une octave entière ; mais le chant proprement dit est entièrement perdu.

La double embouchure de la trachée des oiseaux est encore une disposition qui doit leur permettre de varier facilement les qualités des sons, et particulièrement leur intensité ; car il ne paraît pas douteux qu'ils peuvent faire parler ces deux glottes ensemble ou séparément. Ce qui le prouve, c'est d'abord que, quoique l'organe vocal soit situé dans le plan médian du corps, il ne présente cependant aucun muscle impair; ensuite, c'est que, comme nous l'avons remarqué plus haut, les parties qui constituent chaque glotte considérée en particulier sont toujours plus développées d'un côté du corps que de l'autre ; enfin, c'est que si l'on coupe sur un oiseau vivant l'un des deux nerfs qui se distribuent au larynx inférieur, il conserve son chant avec toutes les modifications qui lui sont propres, abstraction faite de l'intensité qui est sensiblement diminuée.

La faculté d'ouvrir et de fermer plus ou moins l'extrémité supérieure de leur trachée est encore un moyen dont les oiseaux doivent faire un fréquent usage pour modifier le son ; toutefois l'effet qui résulte de cette action doit être bien moins considérable qu'on ne l'a prétendu ; car, lorsqu'on ferme graduellement l'extré-

mité d'un tuyau très-étroit dans lequel on fait résonner de l'air, le son cesse de se produire après qu'il s'est abaissé d'un ton ou au plus d'une tierce mineure ; de sorte qu'il paraît que les oiseaux ne doivent guères employer ce moyen que quand il s'agit de passer subitement d'un ton à un autre qui en est peu distant, par exemple, dans les cadences.

Enfin, le tuyau vocal des oiseaux présente une particularité fort remarquable qui consiste dans la terminaison de son extrémité supérieure ; car l'air contenu dans le bec fait certainement partie de la colonne d'air vibrante, et l'on ne peut pas en douter quand on fait attention à la multiplicité des mouvemens de la langue des oiseaux pendant qu'ils chantent, ainsi qu'aux variations continuelles qu'ils font éprouver à l'ouverture de leur bec. En effet, si l'on tire hors de la poitrine les bronches et le larynx d'un oiseau qu'on vient de faire périr, qu'on souffle de l'air dans cet organe de façon à le faire résonner, tandis qu'on ouvre le bec plus ou moins, et qu'on fait prendre différentes positions à la langue et à la tête, on remarque que ces seules circonstances peuvent faire varier le son environ d'un demi-ton.

---

# SUITE

## *Du quatrième Mémoire sur les Canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses.*

PAR Mr P. S. GIRARD.

DANS les recherches qui vont suivre sur le plus ou moins d'avantages que présentent les canaux de navigation eu égard aux dépenses simultanées d'eau et de temps qu'occasione, à raison de la chute de leurs écluses, le mouvement des bateaux qui y circulent, nous aurons besoin de connaître le volume d'eau dépensé pour l'ascension ou la descente, soit d'un seul bateau, soit d'un convoi de bateaux par une écluse multiple. Il nous reste à nous occuper de cette détermination avant d'aller plus loin; car il n'a été question, dans notre premier Mémoire, que de la dépense d'eau par des écluses simples.

Ne considérons d'abord qu'un seul bateau montant ou descendant, à travers une écluse multiple dont les sas $E_{,}$ $E_{,,}$ $E \ldots$ $E_n$ ont des chutes égales. (*Fig.* 1re et 2.)

L'eau est à son niveau naturel dans les sas lorsque sa hauteur y est égale à la profondeur d'eau du canal, c'est-à-dire, égale au plus grand tirant d'eau des bateaux qui le fréquentent, chacun des sas contient alors un prisme d'eau que l'on désigne sous le nom de *prisme de flottaison.*

Dans cet état, il est évident que la différence de niveau de l'eau d'un sas à l'autre est égale à la chute $x$ des

écluses ; il n'est pas moins évident que cette différence de niveau restera la même si l'on verse dans chacun des sas un prisme d'eau de même hauteur.

Supposant cette hauteur du *prisme de remplissage* $= x$, il est évident que la différence de niveau des sas inférieurs $E_n$ et $E_{n-1}$ sera $= 2x$, tandis que les différences de niveau de tous les autres compris depuis $E_{n-1}$ jusqu'à $E_{,}$ inclusivement sera seulement $= x$.

Le bateau montant étant enfermé dans le sas inférieur $E_n$, on y verse le *prisme de remplissage* du sas $E_{n-1}$, ce qui établit le niveau entre l'eau de ces deux sas, et permet l'entrée du bateau dans celui-ci.

L'eau s'y trouve déprimée d'une hauteur $2x$ au-dessous de l'eau du sas $E_{n-2}$.

Le bateau étant enfermé dans le sas $E_{n-1}$, on en élève le niveau de la hauteur $x$ en y versant le *prisme de remplissage*, du sas $E_{n-2}$ où le bateau est introduit aussitôt après ; et ainsi de suite en faisant passer successivement *le prisme de remplissage* d'un sas quelconque du corps d'écluse dans le sas inférieur contigu.

Lorsque le bateau est entré dans le bief supérieur $B'$, tous les sas depuis $E_n$ jusqu'à $E_{,}$ inclusivement contiennent un *prisme de remplissage*, et la somme de ces prismes augmentée du volume d'eau que le bateau déplace représente l'eau fournie par le bief supérieur pour opérer l'ascension de ce bateau ; cette dépense du bief supérieur est donc exprimée par $S(nx + t_{,})$ en représentant par $t_{,}$, comme nous l'avons fait jusqu'ici, le tirant d'eau du bateau montant.

On pourrait, laissant les choses dans cet état, pro-

céder à la descente d'un bateau, mais il faudrait que les sas déjà *chargés* eussent été rendus capables, par l'exhaussement de leurs murs, de contenir le nouveau volume d'eau qu'on y verserait; or, après ces versemens, les nouveaux prismes de remplissage des sas $E_{,}\ E_{,,}\ E_{,,,}\ E_{\text{IV}} \ldots\ldots E_{n}$ se trouveraient, comme il est aisé de s'en assurer,

$$\tfrac{1}{2}x, \tfrac{3}{4}x, \tfrac{7}{8}x, \tfrac{15}{16}x, \ldots\ldots \frac{(2^n - 1)x}{2^n}.$$

Et l'on conçoit que la dépense et les autres inconvéniens qui résulteraient de l'exhaussement des murs de sas pourraient bien n'être pas compensés par l'économie d'eau que l'on se procurerait au moyen de cet exhaussement.

Il est donc plus convenable pour faire descendre un bateau de décharger tous les sas, à l'exception du premier, de leur prisme de remplissage. Ainsi, par l'effet de cette manœuvre, en quelque sorte intermédiaire, il passera du corps d'écluse dans le bief inférieur un volume d'eau exprimé par :

$$S((n-1)x);$$

et tous les sas depuis $E^n$ jusqu'à $E_{,,}$ inclusivement ne contiendront plus que leurs *prismes de flottaison.*

Le premier sas $E_{,}$ contiendra un prisme d'eau exprimé par :

$$S(x + t_{,}).$$

Le bateau descendant, au moment où il y sera introduit, en fera sortir son *prisme de flottaison* $St_{,,}$, il y restera par conséquent

$$S(x + t_{,} - t_{,,});$$

*prisme de remplissage*, que l'on fera passer successivement dans tous les sas afin d'y recevoir successivement le bateau descendant jusqu'au bief inférieur $B_{,,}$.

Ce bief, après le double passage, aura donc reçu

$$S.((n-1)x+x+t_{,}-t_{,,})=S(nx+t_{,}-t_{,,}),$$

volume d'eau précisément égal à celui qui aura été dépensé par le bief supérieur.

Tant que $nx$ demeure une quantité constante, on voit que la dépense d'eau est la même pour le double passage d'un bateau montant et descendant, quels que soient le nombre et la chute des écluses accollées. Il n'en sera pas ainsi lorsque les bateaux chemineront en convoi.

En effet, supposons un nombre $N$ de bateaux montans (*fig.* 1re) : il faudra d'abord tirer du bief supérieur $B_{,}$ le volume d'eau nécessaire pour remplir tous les sas excepté le dernier $E_n$ ; ce volume est évidemment

$$(n-1)Sx.$$

Pour faire passer successivement tous les bateaux du convoi montant $N$ du sas supérieur $E_{,}$ dans le bief $B_{,}$ contigu, il faudra tirer de ce bief un volume d'eau représenté par :

$$NS(x+t_{,}).$$

La dépense du bief supérieur pour l'ascension du convoi sera par conséquent,

$$Sx(n-1)+NS(x+t_{,}).$$

Il restera à opérer la descente du convoi que nous sup-

poserons généralement composé du nombre de bateaux $N'$ (*fig.* 2$^{e}$) ; à cet effet on évacuera tous les sas excepté le sas supérieur $E_{,}$, ce qui n'occasionnera aucune nouvelle dépense d'eau dans le bief contigu.

Le premier bateau du convoi descendant trouvera le sas $E_{,}$ rempli au niveau du bief supérieur, et en y entrant il y fera refluer un volume d'eau $St_{,,}$, qui est par conséquent à retrancher de la dépense d'eau déjà faite.

Tous les autres bateaux descendans au nombre de $N_{,}-1$ exigeront qu'il soit tiré du bief supérieur un volume d'eau représenté par :

$$(N'-1)\ S\ (x-t_{,,}).$$

La dépense totale du bief supérieur pour le double passage du convoi montant et descendant sera par conséquent :

$$Sx\,(n-1)+NS\,(x+t_{,})-St_{,,}+(N'-1)\,S\,(x-t_{,,})$$
$$=Sx\,(n+N+N'-2)+S\,(Nt_{,}-N't_{,,})$$

ou bien en faisant $x=\frac{a}{n}$, et la dépense totale d'eau $=Sy$,

$$\frac{Sa}{n}(N+N'-2)+Sa-S\,(N't_{,,}-Nt_{,})=Sy\,;$$

Expression qui, toutes choses égales d'ailleurs, sera toujours d'autant moindre que le nombre $n$ des sas sera plus grand ou que la chute des écluses sera plus petite.

Si l'on fait

$$n=1,\ \text{et}\ N_{,}=N;\ N\,t_{,,}=T''\ \text{et}\ Nt_{,}=T',$$

on aura :

$$Sy=Sa\,(2N-1)-S\,(T''-T')$$

pour la dépense d'eau occasionnée par le double passage à travers une écluse simple de deux convois composés d'un même nombre de bateaux.

Si de plus l'on suppose $N = 1$, on aura encore :

$$Sy = Sa - S(t_{,,} - t_{,})$$

pour la dépense du double passage d'un bateau montant et descendant à travers une écluse simple, résultats identiques avec ceux auxquels nous sommes déjà parvenus dans notre premier Mémoire en faisant les mêmes hypothèses.

Maintenant que nous connaissons en fonction de la chute des écluses simples ou multiples, et en fonction du nombre de bateaux dont sont composés des convois montans et descendans, soit le temps employé par ces bateaux au passage de ces écluses, soit la quantité d'eau dépensée pour opérer ce passage, nous pourrons assigner l'avantage d'un système de distribution de chute sur un autre système, pour un nombre donné de bateaux naviguant isolément ou en convoi.

L'avantage dont il s'agit est évidemment exprimé par le rapport de l'effet utile à la dépense nécessaire pour produire cet effet.

Or, l'effet utile est le produit de la masse transportée, ou du chargement des bateaux qui forment le convoi, par le chemin qu'ils doivent parcourir.

Quant à la cause de cet effet, elle se compose évidemment d'une dépense d'eau, et d'une dépense de temps; mais ces deux élémens d'une même cause n'étant point homogènes, il faut pour les rendre comparables et les faire entrer dans l'expression de l'avantage cherché, les ramener à une mesure commune, c'est-à-dire les évaluer en argent.

D'après quels principes la valeur de l'eau qui sert à entretenir la navigation sur un canal artificiel peut-elle être estimée ? C'est une question que, jusqu'à présent, les ingénieurs ne se sont point occupés de résoudre. Cette valeur n'en est pas moins réelle, et sa détermination n'en est pas moins importante.

Il faut admettre d'abord qu'un canal de navigation produit un certain revenu par les droits de péage qu'on y perçoit. Or ce revenu est évidemment la mesure palpable et l'expression numérique de l'utilité de l'entreprise.

On conçoit dès-lors comment le degré de cette utilité doit varier suivant les lieux, les temps, et une multitude de circonstances qu'il est impossible de prévoir et de classer.

Mais si l'on ne peut en général assigner préalablement à son exécution jusqu'où s'étendra l'utilité d'un canal de navigation, il est du moins facile de fixer d'avance la limite à laquelle cette utilité doit commencer à se manifester.

En effet, il est évident que le revenu net d'un canal qui sera ouvert dans une certaine contrée devra être égal quelques années après son établissement, au moins à l'intérêt des capitaux dont il aura exigé l'emploi. S'il en arrivait autrement, et que le revenu du canal restât inférieur à l'intérêt de ces capitaux, il est manifeste qu'on aurait pu faire un meilleur placement des fonds qu'on y aurait dépensés, et par conséquent le canal ne serait pas véritablement utile en tant qu'il serait considéré sous le rapport de son produit immédiat.

Au surplus, quel que soit le revenu net d'un canal utile, il est évident que sa valeur vénale sera exactement représentée par le capital de ce revenu net.

Mais un canal quelconque ne peut avoir d'existence comme moyen de communication par eau qu'autant qu'il est entretenu par un volume d'eau suffisant.

Si donc on suppose que, par une cause quelconque, l'eau qui servait à entretenir ce canal vienne tout-à-coup à lui manquer, le revenu qu'on en retirait se trouvera anéanti, et il ne lui restera plus de valeur vénale que celle des terrains qu'il occupe et des matériaux de diverses natures qui sont entrés dans la construction de ses ouvrages. La valeur de l'eau par laquelle il était alimenté peut donc être rigoureusement exprimée par la différence qui existe entre le capital de son revenu net et le capital composé du prix actuel des terrains qu'il occupe et du prix des matériaux provenant de la démolition de ses ouvrages, en supposant toutefois que ces terrains et ces matériaux puissent être vendus pour recevoir une nouvelle destination.

Faisons donc le capital du revenu net d'un canal de navigation $= C$;

Le prix qu'on pourrait obtenir des terrains qu'il occupe s'ils étaient mis en vente après l'assèchement du canal $= P$;

Le prix des matériaux provenant de la démolition de ses ouvrages $= M$;

Enfin, le prix de l'eau $= E$;

on aura :

$$C - (P + M) = E,$$

équation dans laquelle les quantités $P$ et $M$ sont constantes.

Si donc on regarde $C$ et $E$ comme variables, leur rapport sera exprimé par celui des coordonnées d'une ligne droite, et l'on voit que la valeur de l'eau d'un canal de navigation s'accroît proportionnellement au capital de son revenu net.

Cette valeur est nulle lorsque

$$C - (P + M) = 0.$$

Ce qui n'exprime autre chose sinon que dans cette hypothèse le capital $C$ du revenu net n'est plus que la valeur intrinsèque d'une certaine surface de terrain et d'une certaine quantité de matériaux ; alors en effet il n'existe plus de canal, car on a aussi $E = 0$, et l'eau d'un canal quelconque en activité doit toujours avoir une certaine valeur réelle et positive.

Observons maintenant que le capital dépensé pour l'exécution d'un canal se compose :

1°. Du prix des terrains qu'il a fallu acquérir pour son emplacement ;

2°. De la valeur *brute* des matériaux employés dans l'exécution de ses ouvrages ;

3°. Des frais de main-d'œuvre et de salaires de toute espèce qu'il a fallu acquitter pour le mettre en état de perfection ;

4°. Des indemnités au prix desquelles il a fallu acheter le volume d'eau nécessaire à son entretien, si ce volume d'eau, par l'emploi utile qu'on en faisait, avait déjà acquis une certaine valeur échangeable.

Ainsi faisant le capital dépensé pour l'établissement du canal $= C'$,

Le prix des terrains acquis $= P'$,

La valeur brute des matériaux $= M'$,

Les frais de main-d'œuvre, salaires, etc. $= F$,

Enfin les indemnités dues pour les cours d'eau $= E'$, on aura cette équation,

$$C' = P' + M' + F + E'.$$

Il doit toujours exister un certain rapport entre le revenu net du canal, quand il est en activité, et le capital dépensé pour son établissement, c'est-à-dire, que l'on a toujours

$$C = m\,C',$$

$m$ étant un nombre quelconque.

Dans le cas de $m = 1$ ou de $m > 1$, le canal est une propriété avantageuse entre les mains de ceux qui l'ont créé, puisque le capital du revenu net qu'ils en retirent, est au moins égal au capital qu'ils ont dépensé pour l'établir : dans le cas de $m < 1$, au contraire, cette propriété leur serait onéreuse, puisqu'ils en retireraient un revenu moindre que celui qu'ils auraient pu retirer du capital employé pour la créer, s'ils en avaient fait un autre placement.

En raisonnant ainsi, on voit que l'utilité du canal commence à se manifester à ses propriétaires, lorsque $m = 1$ ou bien lorsque $C = C'$ ; nous admettrons cette hypothèse comme la limite de celles d'après lesquelles on se détermine à ouvrir un canal de navigation.

Cela posé, nous aurons deux valeurs de $C$, savoir :

$$C = E + P + M,$$
$$C = E' + P' + M' + F;$$

donc

$$E - E' = F + (M' - M) - (P - P');$$

c'est-à-dire que l'excédant de valeur que l'eau employée à entretenir un canal de navigation a acquise sur celle qu'elle avait lorsqu'elle servait précédemment à tout autre usage, est exprimé par trois termes dont le premier représente toujours le prix du travail de toute nature, au moyen duquel on est parvenu à l'exécution du canal, et dont les deux autres représentent, tant la détérioration des matériaux employés dans sa construction, que celle des terrains qu'il occupe.

Cependant si ces terrains ont été améliorés par des plantations, ou si on les a rendus susceptibles de produits plus recherchés que ceux qu'on en retirait avant l'ouverture du canal, on peut avoir dans certains cas,

$$(M' - M) - (P - P') = o.$$

La détérioration des matériaux se trouve ainsi compensée par l'amélioration des terrains, et l'on a :

$$E - E' = F.$$

D'où l'on voit que dans ce cas particulier l'augmentation de valeur que l'eau a acquise en passant de l'usage primitif auquel elle était employée à l'usage de la navigation sur le canal, est précisément égale au prix du travail que l'exécution de celui-ci a exigé.

Mais si l'eau que nous avons supposée enlevée au canal après son exécution, restait encore disponible pour être rendue à sa première destination, il est évident qu'elle reprendrait sa valeur primitive, laquelle viendrait en déduction de la valeur que cette même eau

avait acquise pendant qu'elle était employée à l'entretien de la navigation.

On aurait alors les deux équations

$$C = E + P + M + E',$$
$$C = E' + P' + M' + F;$$

d'où l'on tire,

$$E = F + (M' - M) - (P - P');$$

et dans l'hypothèse faite plus haut de

$$(M' - M) = P - P'),$$

on aurait :

$$E = F;$$

ce qui signifie que la valeur de l'eau nécessaire pour l'entretien de la navigation sur un canal artificiel est exactement représentée par le prix du travail, ou par la masse de salaires de toute espèce acquittés pour son exécution.

Conséquence rigoureuse et qui s'accorde parfaitement avec l'opinion de David Ricardo, lequel n'attribue, comme on sait, à quelque objet que ce soit de valeur échangeable ou vénale, que celle du travail employé pour rendre cet objet productif.

Le capital qui représente la valeur de l'eau dans un canal de navigation, étant déterminé comme nous venons de le faire, la consommation annuelle de cette eau sera le revenu en nature de ce capital.

Si donc on suppose le taux de l'intérêt à 5 pour 100, on aura $\frac{E}{20}$ pour la valeur de l'eau dépensée annuellement; si de plus le volume de cette eau, exprimé en mètres cubes, est représenté par $K$, le prix $p$ du mètre cube d'eau dépensé sera :

$$\frac{E}{20K} = p.$$

Quant à l'évaluation en argent du temps employé à franchir une écluse, on y parvient d'une manière plus simple et plus directe.

En effet, le loyer du bateau, celui des chevaux qui y sont attelés, le salaire des haleurs, et les gages des bateliers qui le conduisent, sont toujours évalués en argent, soit par jour, soit par heure, par minute, etc. On peut donc toujours évaluer cette dépense pour l'unité de temps que l'on aura adoptée dans le calcul.

Le prix du mètre cube d'eau dépensée étant donc $= p$;

Celui de l'unité de temps..... $= p'$;

Le volume d'eau dépensé pour le passage d'un bateau ou d'un convoi par une écluse simple ou multiple $= V$,

La durée du passage..... $= \theta$,

Enfin la masse transportée..... $= G$,

on aura, pour le rapport de l'effet utile à la dépense en argent nécessaire pour l'obtenir :

$$\frac{G\sqrt{a^2+l^2}}{Vp+\theta p'};$$

rapport qu'il conviendra toujours de rendre le plus grand possible en faisant :

$Vp+\theta p' = minimum$ ou bien : $d.(Vp+\theta p') = 0$.

Proposons-nous pour premier exemple de déterminer le nombre d'écluses simples et de chute égale qui doivent racheter la pente d'un canal de navigation entre deux points donnés, de manière que la dépense en argent de l'eau consommée et du temps employé soit la moindre possible ; appliquons d'abord cette recherche à un bateau montant.

L'effet utile est exprimé ici par $St_{,}\sqrt{a^2+l^2}$.

Mais on a, comme on sait, pour ce cas particulier,

$$1^{\circ}.\ Vp = pS(x+t_{,}) = S(\tfrac{a}{n}+t_{,})p\,;$$

$$2^{\circ}.\ \theta p' = \left(\frac{l}{i}+\frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}\right)p'.$$

Le rapport de l'effet utile à la cause qui le produit est donc :

$$\frac{St_{,}\sqrt{a^2+l^2}}{S.(\frac{a}{n}+t_{,})p+\left(\frac{l}{i}+\frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}\right)p'}.$$

La seule quantité $n$ étant variable si l'on fait :

$$d\left(\frac{St_{,}\sqrt{a^2+l^2}}{S(\frac{a}{n}+t_{,})p+\left(\frac{l}{i}+\frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}\right)p'}\right)=0,$$

on trouve :

$$n=\sqrt[3]{\frac{2O^2gapp}{p'p'}},$$

pour le nombre d'écluses propre à rendre le rapport précédent le plus grand possible.

Si l'on considère un bateau descendant, le chemin parcouru horizontalement sera $-l$; la chute parcourue sera aussi $-a$; mais l'on aura toujours pour la résultante de ces deux directions :

$$\sqrt{a^2+l^2}.$$

Le rapport de l'effet utile à la dépense d'eau et de temps est donc :

$$\frac{S t_{\prime\prime} \sqrt{a^2 + l^2}}{S\left(\frac{a}{n} - t_{\prime\prime}\right) p + \left(\frac{l}{i} + \frac{2 S \sqrt{an}}{O \sqrt{2g}}\right) p'};$$

expression dont la différentielle, égalée à zéro, donne encore :

$$n = \sqrt[3]{\frac{2\, O^2 a g p p}{p' p'}}.$$

Ainsi le même système de distribution d'écluses est également le plus avantageux dans les deux hypothèses de la montée et de la descente d'un bateau, et par conséquent dans l'hypothèse du double passage.

En jetant les yeux sur la valeur de $n$ à laquelle nous venons de parvenir, on voit que le nombre des écluses simples d'un canal de navigation propre à rendre leur système de distribution le plus avantageux possible sous le rapport de la dépense d'eau et de temps nécessaire pour leur manœuvre, doit croître comme la racine cubique de la pente totale qu'elles servent à racheter.

Mais si l'on considère les écluses sous le rapport des frais de construction de leurs murs de sas, on a vu, dans notre précédent Mémoire, que leur chute devait être égale à la profondeur d'eau des canaux où elles sont établies, c'est-à-dire, au plus grand tirant d'eau des bateaux qui y naviguent; cette hauteur de chute $h$ restant par conséquent la même pour deux canaux de même navigation, il est évident que les nombres $n$ et $n'$ des écluses de chacun d'eux doivent être proportionnels à leurs pentes respectives $a$ et $a'$.

Il faut donc, pour satisfaire tout à la fois aux trois

conditions d'une moindre dépense de construction pour les écluses d'un canal et d'une moindre dépense d'eau et de temps pour le parcourir, satisfaire simultanément à ces deux équations :

$$nh = a$$

$$n = \sqrt[3]{\frac{2O^2 agpp}{p'p'}},$$

d'où l'on tire :

$$O = \frac{ap'}{ph\sqrt{2gh}},$$

c'est-à-dire que les orifices des pertuis qui servent au remplissage et à l'évacuation des sas doivent être sur deux canaux de même navigation et de pentes totales différentes, proportionnels à ces pentes.

Recherchons maintenant, par un calcul analogue, l'avantage d'une écluse multiple suivant le nombre de sas qui la composent.

L'effet utile, dans cette hypothèse, a pour expression, $L$ étant la longueur d'un sas et $n$ leur nombre,

$$St_{,}\sqrt{a^2 + nL^2}.$$

Quant à la cause qui le produit, nous avons trouvé ci-dessus que la dépense d'eau nécessaire pour faire monter un seul bateau à travers une écluse multiple était toujours la même, quel que fût le nombre des sas, pourvu que leur chute totale fût constante. Cette dépense d'eau est exprimée par :

$$S(nx + t_{,}) = S(a + t_{,}).$$

De plus, nous avons trouvé que le temps employé à franchir cette écluse était

$$\frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{(n-1)+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right):$$

on a donc, pour l'avantage cherché,

$$\frac{t_{,}\sqrt{a^2+n^2L^2}}{(a+t_{,})p+\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{(n-1)+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right)p'},$$

ou bien, en ayant seulement égard au mouvement ascensionnel du bateau,

$$\frac{at_{,}}{(a+t_{,})p+\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{(n-1)+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right)p'},$$

expression qui devient évidemment d'autant moindre que le nombre $n$ des sas devient plus considérable.

Lorsque le bateau descend, l'effet utile ayant lieu dans une direction contraire à l'ascension, l'avantage est exprimé par :

$$\frac{-t_{,,}a}{\left(\frac{a}{n}-t_{,,}\right)p+\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\frac{((n-1)+\sqrt{2})p'}{\sqrt{n}}}.$$

Or, le premier terme du dénominateur de cette expression diminue par l'accroissement du nombre des sas, tandis que le second terme de ce même dénominateur augmente avec ce nombre ; il y a donc une valeur de $n$ qui rend le rapport précédent le moindre possible, valeur que l'on détermine en faisant :

$$d.\left(\frac{-at_{\prime\prime}}{\left(\frac{a}{n}-t_{\prime\prime}\right)p+\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{(n-1)+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right)p'}\right)=0.$$

D'où l'on tire :

$$-\frac{ap}{n^2}+p'\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}-\frac{\sqrt{a}}{2O\sqrt{g}}\frac{(n+0,414)p'}{n^{\frac{3}{2}}}=0,$$

et par conséquent,

$$\left(-ap+\frac{p'n^2\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\right)^2=\frac{anp'p'}{4O^2g}(n+0,414)^2;$$

équation du quatrième degré, d'où l'on tirera la valeur cherchée de $n$.

Lorsqu'il y a succesivement passage inverse d'un bateau montant et descendant, on a, pour déterminer le nombre $n$ qui rend l'avantage le plus grand possible,

$$d\left(\frac{at_{\prime}}{(a+t)p+\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{(n-1)+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right)p'}\right)$$

$$-d.\left(\frac{at_{\prime\prime}}{\left(\frac{a}{n}-t_{\prime}\right)p+\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{(n-1)+\sqrt{2}}{\sqrt{n}}\right)p'}\right)=0.$$

Il sera toujours facile de déduire de cette équation la valeur cherchée de $n$; nous ne croyons pas devoir nous y arrêter; nous passerons à la recherche du plus grand avantage des écluses multiples quand elles sont traversées par des convois de bateaux plus ou moins nombreux.

Nous avons trouvé plus haut que la dépense d'eau d'une écluse multiple, d'un nombre $n$ de sas, lors-

qu'elle est traversée par un convoi ascendant composé d'un nombre $N$ de bateaux, avait pour expression :

$$\left((n-1)Sx+NS(x+t_{,})=\frac{Sa(n-1)}{n}+SN\left(\frac{a}{n}+t_{,}\right)\right.$$

Nous avons trouvé aussi, pour le temps de cette ascension :

$$\frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{n-2+N(\sqrt{2}+1)}{\sqrt{n}}\right).$$

L'effet utile est d'ailleurs $SaNt_{,}$; l'avantage est donc :

$$\frac{aNt_{,}}{p\left(\frac{a}{n}(n-1)+N\left(\frac{a}{n}+t_{,}\right)\right)+p'\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{n-2+N(\sqrt{2}+1)}{\sqrt{n}}\right)}.$$

Si le convoi, composé du nombre $N'$ de bateaux, descend une écluse multiple ayant un nombre $n'$ de sas, on se rappelle que la dépense d'eau est exprimée par :

$$-St_{,,}+(N'-1)S\left(\frac{a}{n}-t_{,,}\right),$$

et le temps employé par :

$$\frac{S\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{n'-2+N'(\sqrt{2}+1)}{\sqrt{n}}\right);$$

l'effet utile est d'ailleurs

$$-SaN't_{,,},$$

quantité négative, parce que cet effet utile s'opère en sens inverse de celui qui a lieu en montant.

L'avantage cherché, en descendant l'écluse, a donc pour expression :

$$\frac{-aN't_{\prime\prime}}{p\left(-t_{\prime\prime}+(N'-1)\left(\frac{a}{n'}-t_{\prime\prime}\right)\right)+\frac{p'\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\frac{(n'-2+N'(\sqrt{2}+1))}{\sqrt{n'}}}.$$

Si l'on suppose l'écluse multiple déjà construite, et par conséquent les nombres de sas $n$ et $n'$ donnés d'avance, il ne restera qu'à déterminer les nombres de bateaux $N$ et $N'$ dont il faudra composer les convois ascendant et descendant pour que les avantages des écluses multiples à l'expression desquels nous venons de parvenir soient les plus grands possibles.

Or, il suffit de jeter les yeux sur ces deux expressions pour reconnaître immédiatement que ces avantages seront d'autant plus grands que les convois seront composés d'un nombre de bateaux plus considérable.

Si l'on suppose, au contraire, que les convois qui montent et qui descendent un canal de navigation sont toujours formés du même nombre de bateaux $N$ et $N'$, et s'il s'agit de déterminer, dans cette hypothèse, les nombres $n$ et $n'$ de sas dont les écluses multiples devront être composés pour que l'avantage de leur montée et de leur descente soit le plus grand possible, il faudra que l'on ait, en regardant $N$ et $N'$ comme des quantités constantes, les deux équations :

$$d.\left(\frac{aNt_{\prime}}{p\left(\frac{a(n-1)}{n}+N\left(\frac{a}{n}+t'\right)\right)+p'\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\frac{(n-2+N(\sqrt{2}+1))}{\sqrt{n}}}\right)=0,$$

et

$$d.\left(\frac{-aN't_{\prime\prime}}{p\left(-t_{\prime\prime}+(N'-1)\left(\frac{a}{n'}-t_{\prime\prime}\right)\right)+p'\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\frac{(n'-2+N'(\sqrt{2}+1))}{\sqrt{n}}}\right)=0,$$

lesquelles donnent :

$$\left(\frac{p a O \sqrt{g}(N-1)}{p' \sqrt{a}}\right)^2 = n\left(\frac{N(\sqrt{2}+1)-(n+2)}{2}\right)^2$$

et

$$\left(\frac{p a O \sqrt{g}(N'-1)}{p' \sqrt{a}}\right)^2 = n'\left(\frac{N'(\sqrt{2}+1)-(n'+2)}{2}\right)^2.$$

Ainsi les nombres de sas cherchés $n$ et $n'$ se déduisent chacun de la solution d'une équation du 3e degré de même forme.

Lorsqu'il s'agira de faire monter ou descendre un même nombre de bateaux par deux écluses de même chute, il est clair que l'on aura $n = n'$, et par conséquent la même distribution de sas sera également la plus avantageuse pour la montée et la descente de convois formés d'un même nombre de bateaux.

La dépense en eau et en argent occasionée par le double passage à travers la même écluse de deux convois l'un montant et l'autre descendant composés du même nombre de bateaux, sera :

$$S\left(\frac{pa}{n}(N-1)+p(a+Nt_{,})+\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}p'(n-2+N(\sqrt{2}+1)\right)$$

$$+S\left(\frac{pa}{n}(N-1)-pNt_{,,}\right)+\frac{\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}p'\left(\frac{n-2+N(\sqrt{2}+1)}{\sqrt{n}}\right)$$

$$=S\left(\left(\frac{2a}{n}N-1)+a\right)p+\frac{2\sqrt{a}}{O\sqrt{g}}\left(\frac{n-2+N(\sqrt{2}+1)}{\sqrt{n}}\right)p'\right).$$

expression qui, comme on voit, est tout-à-fait indépendante du tirant d'eau des bateaux.

L'équation

$$\left(\frac{p a O \sqrt{g}(N-1)}{p' \sqrt{a}}\right)^2 = n\left(\frac{N(\sqrt{2}+1)-(n+2)}{2}\right)^2,$$

qui donne le rapport entre le nombre $n$ de sas dont une écluse multiple doit être composée pour qu'un convoi d'un nombre $N$ de bateaux occasione, par son passage à travers cette écluse, la moindre dépense possible d'eau et de temps appartient, comme on voit, à une courbe du 3e degré que l'on pourra toujours tracer graphiquement. Mais nous devons faire ici une observation importante sur les solutions numériques que l'on en tirera.

Remarquons en effet que, par la nature même de la question, les quantités $n$ et $N$ doivent toujours être des nombres entiers : or, il peut arriver qu'en donnant pour valeur à l'une de ces quantités prise pour variable indépendante, tous les nombres entiers possibles, on trouve, pour les valeurs de l'autre, des nombres composés d'entiers et de fractions ; on ne peut alors satisfaire *pratiquement* à la question qu'en prenant pour cette dernière quantité le nombre entier qui approche le plus de celui auquel le calcul aura conduit : ainsi la solution à laquelle on parviendra ne sera qu'approximative.

Remarquons, d'un autre côté, que des convois qui cheminent sur un canal ne sont pas toujours composés du même nombre de bateaux ; il faudrait donc, pour obtenir de la distribution des sas d'une écluse multiple qu'ils doivent traverser le plus grand avantage possible, que le nombre de ces sas variât avec celui des bateaux du convoi, ce qui est évidemment impraticable. C'est donc

d'après le nombre moyen des bateaux dont on peut supposer les convois formés, qu'il faut déterminer sur un canal le nombre des sas dont une écluse multiple doit être composée pour racheter une pente donnée. Toutes les fois que le nombre de bateaux d'un convoi sera au-dessus ou au-dessous du nombre moyen pour lequel la distribution du corps d'écluse aura été faite, il est évident que la question n'aura encore été résolue qu'approximativement ; nous insistons sur ces remarques afin qu'en appliquant la théorie qui fait l'objet de ce Mémoire, on n'attribue pas à ses résultats plus de rigueur et de précision qu'ils n'en comportent en effet.

Nous allons terminer ce Mémoire en assignant, pour un cas particulier, les valeurs en argent de l'unité de volume d'eau dépensée, et de l'unité de temps employé au passage d'une écluse. Appliquons, par exemple, à cette recherche les conditions du canal de Soissons dont nous avons rédigé le projet.

Ce canal est estimé 4,135,916 fr., y compris une somme de 216,000 fr. pour la valeur des terrains qu'il occupe ; on a donc 1°. $P = 216{,}000$ fr.

Les ouvrages de ce canal sont estimés, ci 1,670,000 fr. ; et comme la valeur brute des matériaux employés dans leur construction n'est guères que le tiers de ce prix, on aura, 2°. ci..... $M = 600{,}000$ fr. environ.

Nous ne comptons point ici de dépense à faire pour l'acquisition de l'eau nécessaire à l'entretien du canal, parce que les usines que l'on pourra établir à la chute de ses écluses compenseront au moins, par leurs produits, celles qui auront pu être supprimées.

Le revenu brut du canal de Soissons a été évalué

523,166 fr. Si l'on porte à 123,166 fr. les frais annuels d'entretien et d'administration de ce canal, il restera un revenu net de 400,000 fr., lequel, étant multiplié par 20, donnera la somme de 8,000,000 fr. pour le capital $C$, dont ce revenu net représentera l'intérêt au taux de 5 pour 100.

La formule

$$C - (P + M) = E,$$

que nous avons trouvée plus haut, devient, par la substitution des valeurs numériques que nous venons d'assigner,

$$8{,}000{,}000 \text{ fr.} - 816{,}000 \text{ fr.} = 7{,}184{,}000^{\text{f.}} = E.$$

Le produit annuel de cette eau, évalué au taux de 5 pour $\frac{0}{0}$ de sa valeur vénale, qui vient d'être trouvée, est donc de 359,200 fr.

Que l'on suppose 300 jours de navigation par année, l'eau dépensée chaque jour vaudra 1197 fr. environ.

La superficie $S$ d'un sas du canal de Soissons est, comme on l'a vu plus haut, de $88^{\text{m}},40$ superficiels.

La chute moyenne de ses écluses est de $1^{\text{m}},25$; par conséquent le volume d'eau d'une éclusée sera $= 110^{\text{m}},5$ cubes.

Supposons que la dépense journalière soit de 15 éclusées entre ses deux extrémités, on dépensera par jour 1657,5 mètres cubes, qui vaudront en argent 1197 fr., comme on vient de le trouver; ce qui porte le prix du mètre cube d'eau à $0^{\text{f.}},72$. Ainsi l'on a :

$$p = 0^{\text{f.}},72^{\text{c.}}.$$

S'il n'y avait qu'une seule écluse sur un canal de navigation, l'eau tirée du bief de partage serait dépensée au passage de cette seule écluse; alors le prix du

mètre cube d'eau pour ce passage serait tel que nous venons de l'assigner; mais attendu que l'eau fournie par le réservoir culminant passe dans les biefs inférieurs et sert aux passages successifs des écluses qui les séparent, il est évident que le prix du mètre cube d'eau tirée de ce réservoir doit se répartir sur toutes les écluses, de telle sorte, par exemple, que ce nombre d'écluses étant de 50 entre les deux extrémités du canal, le prix du mètre cube d'eau à chaque écluse sera $= \frac{p}{50}$, et généralement il serait $\frac{p}{n}$, le nombre des écluses étant $n$. Ainsi, pour avoir la valeur en argent de l'eau dépensée par le trajet d'un bateau qui, ne parcourant qu'une certaine longueur du canal, ne traverse qu'un certain nombre de ses écluses, il faut multiplier le prix $\frac{p}{n}$ du mètre cube d'eau dépensé à chaque écluse par le nombre $n'$ des écluses traversées.

Pour évaluer maintenant en argent le prix de l'unité de temps, supposons le prix d'un bateau de... 3000 fr. et sa durée de quinze ans.

L'intérêt du capital employé pour le construire est de..... 150

La prime de son renouvellement..... 200

Portons-en les réparations annuelles à 70 fr., ci 70

Supposons que le bénéfice annuel du propriétaire du bateau soit de 20 pour $\frac{0}{0}$ de sa valeur ou de..... 600

Les gages du patron du bateau de..... 1800

Les gages de son aide..... 900

Le salaire de deux halleurs pour trois cents jours de navigation, ci..... 1200

Dépense annuelle du bateau..... 4920 fr.

En supposant trois cents jours de travail ou de navigation, la dépense journalière sera de $16^{f.},40^{c.}$; et comme il n'y a que dix heures de travail, la dépense par heure sera de ci..... $1^{f.},64^{c.}$;
Par minute de ci..... 0,027333;
Et par seconde, ci..... 0,000455;

Ainsi l'on a $p' = 0^{f.},0004555$,
la seconde étant prise pour unité de temps.

Nous allons maintenant considérer un seul bateau montant, et traversant toutes les écluses d'un canal ou d'une portion de canal depuis son bief inférieur jusqu'à son réservoir culminant, nous aurons alors $n = n'$, et par conséquent le prix du mètre cube d'eau dépensé $= p$.

Supposons comme pour le canal de Soissons :

La longueur du canal ou $l = 60000^{m}$;
$S = 88,40$;
$a = 123,575$;
$n = 100$;
$i = 0,555$.
Le tirant d'eau du bateau ou $t_{,} = 1^{m}$;
$O = 0,25$;
$g = 9,808795$;
$p = 0^{f.},72$;
$p' = 0^{f.},000455$.

On aura, pour le prix de la montée de ce bateau qui est généralement exprimé par :

$$S\left(\frac{a}{n} + t'\right)p + \left(\frac{l}{i} + \frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}\right)p'$$

$$1^{o}.\ S\left(\frac{a}{n} + t_{,}\right)p = 88,40.(2,2357).0^{f.},72 = 142^{f.},210;$$

2°. $\frac{l}{i}p' = \frac{60000}{0,555} \cdot 0^{f},000455 = 49^{f},189$ ;

3°. $\frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}p' = \frac{176,80\sqrt{12357}}{0,25\sqrt{19,6176}} \cdot 0,000455. = 8^{f},074$.

Ainsi, dans la dépense totale de $199^{f},503$ faite pour la montée du bateau, la valeur de l'eau est de $142^{f},210$, tandis que celle du temps est de $57^{f},263$ seulement, et encore cette dernière somme ne comprend-elle que $8^{f},074$ pour la valeur du temps employé au passage des écluses.

Nous avons trouvé pour le nombre $n$ des écluses propre à rendre l'avantage d'un canal le plus grand possible sous le rapport de la dépense d'eau et de temps :

$$n = \sqrt[3]{\frac{2gO^2 app}{p'p'}}.$$

La substitution des quantités numériques applicables à l'exemple que nous avons choisi, donne :

$$n = 723,825,$$

ou, en nombres ronds, 724. Par conséquent, pour obtenir la moindre dépense d'eau et de temps dans la montée d'un bateau sur un canal de 60000 mètres de développement au moyen d'écluses simples qui rachèteraient une pente totale de 123,57, il faudrait distribuer cette pente en 724 écluses ; d'où l'on voit que la chute de chacune de ces écluses devrait être environ sept fois moindre que celle de $1^{m},223$, à laquelle les écluses du canal de Soissons sont réduites.

Si dans l'expression de la dépense

$$S.\left(\frac{a}{n}+t'\right)p+\left(\frac{l}{i}+\frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}\right)p',$$

on suppose $n=724$ ou plus exactement $n=723,825$, on trouvera :

| | | |
|---|---|---|
| 1°. $S\left(\frac{a}{n}+t_{,}\right)p=$ | ..... | $74^{f.},468^{c.}$; |
| 2°. $\frac{l}{i}p'$ | = ..... | 49,189; |
| 3°. $\frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{2g}}p'$ | = ..... | 21,729; |
| et pour la dépense totale | ..... | $145^{f.},386^{c.}$, |

laquelle est la moindre possible.

Si l'on ne faisait que 50 écluses au lieu de 100, on aurait :

| | | |
|---|---|---|
| 1°. $S.\left(\frac{a}{n}+t_{,}\right)p=$ | ..... | $230^{f.},086$; |
| 2°. $\frac{l}{i}p'$ | = ..... | 49,189; |
| 3°. $\frac{2S\sqrt{an}}{O\sqrt{g}}p'$ | = ..... | 5,710; |
| Dépense totale | ..... | 274,985. |
| La dépense pour 100 écluses a été trouvée de | ..... | 199,503. |
| Ainsi cette distribution présente sur celle de 50 écluses une économie de | ... | $75^{f.},482$. |

Il est inutile de multiplier les applications que nous pourrions faire des formules auxquelles nous sommes parvenus ; mais il importe de faire remarquer que la

valeur de l'eau dépensée pour la navigation sur un canal est en général beaucoup plus considérable que la valeur du temps employé à le parcourir. C'est en effet dans la quantité d'eau par laquelle un canal est alimenté que réside, à proprement parler, la force motrice des bateaux qui y circulent, et la valeur de cette force l'emporte de beaucoup sur la valeur de la main-d'œuvre nécessaire à son développement. C'est ainsi que, dans l'usage d'une machine à vapeur, la dépense du combustible est presque toujours plus forte que celle qui se compose des intérêts du capital employé à la construction de cette machine, des frais de son entretien journalier, et de son remplacement, enfin du salaire des divers ouvriers qui la tiennent en activité; et comme les machines à vapeur se sont perfectionnées à mesure que l'on a mis en œuvre de nouveaux moyens d'économiser le combustible, de même ausi l'art de construire des canaux artificiels se perfectionnera par tous les procédés à l'aide desquels on parviendra à économiser l'eau destinée à les entretenir.

Résumons, en terminant ce Mémoire, les propositions fondamentales qu'il contient.

Après avoir déduit des formules fondamentales de l'hydro-dynamique la durée du remplissage ou de l'évacuation d'une écluse simple, nous avons montré que le temps exigé par l'une ou l'autre de ces manœuvres n'était communément qu'une faible partie de celui qui est nécessaire pour faire parcourir à un bateau les biefs successifs d'un canal. Nous avons recherché ensuite sous la forme la plus générale l'expression du temps du remplissage, et de l'évacuation des sas accolés d'une écluse multiple, et nous avons indiqué comment cette

question se simplifie dans l'usage ordinaire. Lorsque l'écluse multiple rachète une pente donnée, le temps de la montée et de la descente d'un bateau isolé croît évidemment avec le nombre des sas qui la composent; mais il n'en est pas ainsi lorsque les bateaux cheminent en convoi, il existe un certain rapport entre le nombre de bateaux dont ce convoi est composé et celui des sas de l'écluse multiple qu'il doit traverser, pour que le temps qu'il emploie à ce passage soit un *minimum*.

En général, le nombre de bateaux d'un convoi, celui des sas d'une écluse multiple, et le temps de sa traversée par ce convoi, sont les trois coordonnées d'une surface courbe dont nous avons donné l'équation.

Faisant l'application des propositions théoriques auxquelles nous avons été conduits au cas généralement connu des sas accolés de l'écluse de Rogny sur le canal de Briare, nous avons fait voir que si un convoi était composé de plus de six bateaux, il lui faudrait plus de temps pour franchir les sept écluses actuelles de Rogny qu'il ne lui en faudrait pour franchir vingt-quatre écluses qui rachèteraient la même chute totale de $23^{m},253^{c}$.

Nous avons comparé ensuite le temps qu'un convoi emploierait à traverser une suite d'écluses simples au temps qu'il emploierait à traverser les sas accolés d'une écluse multiple qui rachèterait la même pente. Il résulte de cette comparaison qu'il y a toujours économie de temps d'autant plus grande dans la traversée de l'écluse multiple, que le nombre de bateaux du convoi et celui des sas de l'écluse sont plus considérables; d'où l'on tire cette conclusion générale : qu'en ayant seulement égard au temps employé à parcourir un canal de navigation,

il conviendrait, pour abréger la durée de ce trajet, de distribuer la pente de ce canal en écluses multiples et d'y faire naviguer les bateaux en convois.

Mais il ne s'agit pas seulement d'économiser le temps, il s'agit surtout de diminuer autant que possible la consommation de l'eau nécessaire à la navigation. On y parvient évidemment par la réduction des chutes des écluses, et nous avons vu, dans nos précédens Mémoires, comment cette réduction doit s'opérer lorsque ces écluses sont isolées.

Il nous restait à rechercher dans celui-ci la dépense d'eau occasionée par le passage d'un seul bateau ou d'un convoi de bateaux à travers une écluse multiple : dans le premier cas, la dépense d'eau pour le double passage d'un seul bateau montant et descendant est la même, quel que soit le nombre de sas dont l'écluse multiple est composée; dans le second cas, c'est-à-dire, pour le double passage de plusieurs bateaux cheminant en convoi, la dépense d'eau est toujours d'autant moindre que l'écluse multiple est divisée en un plus grand nombre de sas.

Et comme au-delà d'un certain nombre de bateaux, un convoi franchit une écluse multiple d'autant plus promptement que sa chute totale est divisée en un plus grand nombre de chutes partielles, il résulte de notre théorie que l'on diminue simultanément les dépenses d'eau et de temps pour le passage d'une écluse multiple, 1°. en la composant d'un plus grand nombre de sas; 2°. en répartissant une quantité donnée de marchandises sur un plus grand nombre de bateaux, avantage de la petite navigation sur la grande qui n'avait point encore été remarqué.

Sous quelque point de vue qu'on considère la navigation des canaux artificiels, le passage de leurs écluses donne toujours lieu à deux sortes de dépenses distinctes, celle de l'eau tirée du bief de partage, et celle du temps employé à la traversée des écluses. Dans certains cas, il y a diminution de dépense d'eau et augmentation de dépense de temps; le contraire arrive dans d'autres circonstances : enfin, en combinant le nombre de bateaux d'un convoi, avec le nombre de sas accollés des écluses multiples, on économise la double dépense de l'eau et du temps.

Ces deux dépenses ne peuvent être comparées entre elles qu'autant qu'on les ramène à une mesure commune, c'est-à-dire qu'on les évalue en argent. L'évaluation en argent de l'eau consommée pour l'entretien de la navigation sur un canal est l'objet d'une question nouvelle. La solution que j'en ai donnée est déduite des considérations les plus simples.

Il en résulte que la valeur de l'eau dont il s'agit est égale au capital du revenu net que l'on retire du canal, moins le capital qui représente la valeur des terrains qu'il occupe et des matériaux qui sont entrés dans la construction de ses divers ouvrages. L'eau dépensée annuellement pour la navigation équivaut donc rigoureusement à l'intérêt du capital qui représente la valeur de cette eau, et comme ce capital et son intérêt sont connus, et que d'ailleurs on est censé connaître la consommation annuelle et journalière de l'eau pour le passage des écluses, il est aisé d'en déterminer rigoureusement le prix du mètre cube.

Quant à la valeur du temps, le prix d'achat des ba-

teaux, leur durée, le bénéfice que retire leur propriétaire de leur loyer, le salaire des bateliers qui les conduisent et celui des hommes ou des chevaux qui les mettent en mouvement étant assignés d'avance, on peut aisément connaître la valeur en argent de la journée d'emploi d'un bateau, et des divers agens auxquels il est confié; la valeur de l'unité de temps se trouve ainsi déterminée, et, par suite, la dépense en argent du temps employé par ce bateau au passage d'une écluse simple ou multiple.

Ces déterminations obtenues, on assignera facilement l'avantage de tel système de chute d'écluses sur tel autre système, en rendant le plus grand possible, le rapport de l'effet utile de la navigation sur le canal, à la cause de cet effet.

Or, cet effet utile est toujours le produit de la masse transportée par le chemin qu'elle parcourt dans les directions horizontale et verticale.

D'un autre côté, la cause de cet effet est évidemment la dépense d'eau et de temps qu'il faut faire en argent pour effectuer le mouvement du bateau, et de son chargement d'une extrémité à l'autre du canal.

Si donc on divise l'effet utile par cette dépense totale, et qu'on regarde la chute des écluses comme variable, on obtiendra, en égalant à zéro la différentielle de ce rapport, la chute qu'il convient de donner aux écluses pour que l'avantage du canal sur lequel elles sont établies soit le plus grand possible. La détermination de cette chute dépend en général de la solution d'une équation du 3$^{e}$ degré.

Lorsqu'on recherche le plus grand avantage d'une

écluse multiple qui rachète une pente donnée, eu égard au nombre de sas qui la composent, et au nombre de bateaux dont sont formés les convois qui la traversent, il est évident que ces deux nombres dépendant toujours l'un de l'autre, on peut les représenter par les coordonnées d'une certaine courbe. Dans la pratique, la construction de l'écluse multiple étant nécessairement antérieure à l'usage du canal, le nombre des sas dont elle est composée est nécessairement la variable indépendante d'après laquelle le nombre de bateaux des convois qui la traversent doit être déterminé; et comme il n'est pas présumable que l'on puisse constamment réunir en convoi précisément le même nombre de bateaux pour le passage de cette écluse, il faut regarder le nombre de bateaux indiqué par le calcul comme celui dont il convient de se rapprocher le plus possible.

L'application que nous avons faite des propositions théoriques auxquelles nous sommes parvenus, montre que la valeur de l'eau employée à l'entretien d'un canal de navigation est de beaucoup supérieure à la valeur du temps employé à la traversée de ses écluses. Dans le mouvement plus ou moins actif imprimé aux bateaux qui naviguent sur un canal, l'eau qui l'alimente est la matière de leur force motrice comme un combustible quelconque est la matière de la force motrice d'une machine à vapeur : or, la valeur de ce combustible, à moins qu'on ne l'emploie dans la mine qui le produit, est toujours beaucoup plus considérable que le prix du temps des ouvriers chargés de surveiller sa combustion pour tenir la machine en activité. Cette analogie nous a paru digne de remarque.

Ayant pris pour exemple un canal de 60,000 mètres de longueur, dont la pente totale de $123^{m},575$ est rachetée par cent écluses de $1^{m},23$ centim. de chute, nous avons trouvé que le prix de l'eau dépensée pour le parcourir était de $142^{f},210$, tandis que le prix du temps employé à la manœuvre des écluses n'était que de $8^{f},074$, c'est-à-dire, douze fois moindre environ. Nous avons trouvé aussi que, pour rendre la moindre possible la dépense du trajet de ce canal, en eau et en temps, évaluée en argent, il fallait réduire à 17 centimètres la chute de ses écluses, c'est-à-dire, à moins du quatorzième de celle dont l'usage a prévalu dans les divers canaux qui ont été ouverts jusqu'à présent.

L'objection qu'on a tirée, contre le système d'écluses à petites chutes, de l'excès de temps employé à en traverser un plus grand nombre rachetant une chute donnée, est donc tout-à-fait dénuée de fondement; et comme, par l'adoption de ce système, on obtient évidemment une économie plus ou moins considérable dans la dépense d'eau qui a lieu au passage des écluses, et une réduction importante dans les frais de leur construction, il ne peut plus rester de doutes sur les avantages qui lui sont propres.

Au surplus, quand on soumet à des calculs théoriques des matières analogues à celles que nous avons traitées, il ne faut pas prétendre appliquer les résultats de ces calculs dans toute la rigueur mathématique; on est obligé de mettre en œuvre des matériaux que la nature n'a pas doués de toutes les propriétés qu'on leur suppose, et il n'est pas toujours permis de compter, pour le meilleur emploi du temps, sur l'exactitude et

la précision des agens auxquels la conduite des bateaux est confiée. La théorie n'en est pas moins indispensable, elle pose les véritables principes, elle en déduit les conséquences utiles, et ne fût-elle propre qu'à indiquer la perfection comme une limite à laquelle il est impossible d'atteindre, ce ne sera jamais qu'aux discussions qu'elle fera naître que l'art devra ses progrès.

Paris, 5 avril 1826.

---

## SUITE

## *Du Mémoire sur les Sulfo-Sels.*

PAR Mr J. BERZELIUS.

(Traduit du suédois par M. FULGENCE FRESNEL.)

### ART. III. *Sulfo-sels d'arsenic.*

L'ARSENIC n'a pas moins de 3 degrés de sulfuration, qui tous sont des sulfides. Les deux plus riches en soufre sont respectivement proportionnels aux acides arsénique et arsénieux, et le troisième est le réalgar ou $AsS^2$. Ce dernier, ainsi que l'orpiment, qui est le degré de sulfuration immédiatement supérieur, sont connus depuis long-temps; mais le sulfide arsénique proprement dit, lequel consiste en $AsS^5$, n'a fixé que récemment l'attention des chimistes. Les sulfo-sels d'arsenic formeront donc trois classes, les sulfarséniates, les sulfarsénites et les hypo-sulfarsénites, dont je vais traiter successivement.

### A. *Sulfo-arséniates.*

Le sulfide arsénique se forme lorsqu'on décompose par le gaz hydrogène sulfuré une dissolution assez concentrée d'acide arsénique ; mais cette décomposition marche beaucoup plus lentement que celle de l'acide arsénieux. Elle a lieu plus vite lorsqu'on mêle un sulfohydrate avec un arséniate, et qu'on ajoute ensuite de l'acide muriatique au mélange ; alors le sulfide arsénique se précipite. Il ressemble tellement, quant à l'aspect, à l'orpiment préparé par la voie humide, que l'œil aperçoit à peine une différence de couleur entre ces deux substances, si ce n'est que le sulfide arsénique est plus clair et peut-être d'un jaune-citron plus pur, c'est-à-dire, sans mélange d'orangé. Il est insoluble dans l'eau et peut se laver sans perte, ce qui n'a pas lieu, comme on sait, pour le sulfide arsénieux, à moins que l'eau ne contienne un excès d'acide. Il fond plus difficilement que le soufre, et présente après la fusion une couleur rougeâtre plus foncée ; il se sublime sans altération : le sublimé se dépose, sans aucun signe de cristallisation, sous la forme d'une masse visqueuse d'un brun foncé, qui, refroidie, est transparente et d'un rouge-jaunâtre pâle. Quand on le fait bouillir avec de l'alcool, il subit une décomposition partielle ; l'alcool dépose en se refroidissant des petites paillettes cristallines de soufre, et la partie non dissoute prend une couleur plus intense. Le sulfide arsénique ne rougit pas le papier de tournesol à la température ordinaire, mais il le rougit lorsqu'on fait passer de la vapeur d'eau bouillante sur les points du papier où il repose. Pareillement il n'altère point à froid

la couleur d'une infusion de tournesol ; mais lorsqu'on l'y fait bouillir, la liqueur devient rouge et ne retourne plus au bleu pur par le refroidissement. Il se dissout avec la plus grande facilité dans les hydrates alcalins, dans l'ammoniaque caustique lorsqu'elle est concentrée, et dans les hydrates de terres alcalines. A la température ordinaire, il chasse violemment le sulfide hydrique des sulphydrates, particulièrement lorsque la dissolution est concentrée ; et à une température un peu élevée, mais qui a d'autant moins besoin de l'être que la dissolution est plus concentrée, il chasse l'acide carbonique des carbonates et bi-carbonates alcalins et terreux.

Les sulfo-arséniates peuvent s'obtenir de plusieurs manières :

1°. En faisant digérer une base sulfurée avec du sulfide arsénique ;

2°. En traitant un sulfo-hydrate par le sulfide arsénique ;

3°. En décomposant un arséniate par l'hydrogène sulfuré ; dans cette opération, il se forme de l'eau ; l'oxisel est détruit, et les atomes d'oxigène qui y entraient se trouvent remplacés par un nombre égal d'atomes de soufre. La décomposition marche lentement en commençant, mais bientôt elle devient plus active, et c'est là le meilleur procédé pour obtenir à un degré de saturation déterminé les sels qui ne cristallisent point. La décomposition est achevée quand le sel n'est plus troublé par le chloride de barium ou de calcium. Les arséniates insolubles dans l'eau peuvent être décomposés au moyen d'une dissolution préalable dans l'acide muria-

tique, quand leur base est du nombre de celles qui sont précipitées par l'hydrogène sulfuré; exemple : l'arséniate d'oxide de cuivre;

4°. En dissolvant le sulfide arsénique dans un alcali caustique ou au moyen d'un hydrate terreux; mais alors le sulfo-sel est mélangé avec un oxi-arséniate, et le sulfide arsénique précipité par les acides sans odeur d'hydrogène sulfuré;

5°. En faisant bouillir le sulfide arsénique avec des carbonates. Dans cette opération, l'acide carbonique peut être expulsé sans résidu; mais le produit que l'on obtient est mélangé d'un arséniate, comme dans le cas précédent;

6°. Par la voie sèche, en faisant fondre le sulfide arsénique avec un hydrate ou avec un carbonate ajouté en excès. Dans ce cas, on obtient un sulfo-sel mêlé de sulfate et d'arséniate, outre un sublimé d'arsenic métallique;

7°. En faisant digérer le sulfide arsénieux avec une dissolution de $KS^4$. Tous les degrés supérieurs de sulfuration donnent un produit semblable, avec un précipité de soufre;

8°. En mêlant un arséniate avec du sulphydrate ammonique; d'où résulte une formation d'ammoniaque et d'eau : on chasse par la distillation l'ammoniaque et l'excès de sulphydrate ammonique, et le sulfo-arséniate reste dans la cornue. Toutefois ce procédé n'est applicable qu'aux arséniates dont la base n'est point précipitée par le sel d'ammonium (sulphydrate ammonique, hydro-sulfate d'ammoniaque).

La couleur des sulfo-arséniates est variable. Ceux qui

sont formés avec les métaux alcaligènes sont d'un jaune citron à l'état anhydre, et incolores ou très-peu colorés lorsqu'ils contiennent de l'eau en combinaison chimique. Les sels *métalliques* proprement dits sont diversement colorés. Leur saveur est hépatique d'abord, et ensuite d'une amertume extrêmement repoussante. Décomposés par les acides, ils répandent une odeur hépatique qui rappelle celle de l'orpiment dans le vernis d'huile de lin. La plupart sont insolubles; mais ceux qui contiennent des radicaux d'alcalis ou de terres alcalines peuvent, ainsi qu'un petit nombre de sels métalliques proprement dits, se dissoudre dans l'eau. Ils ont beaucoup de tendance à former des sels basiques, dont la base est une fois et demie celle du sel neutre, et qui par conséquent sont proportionnels aux arséniates basiques ordinaires. Ces sels basiques ont une grande disposition à cristalliser, et diffèrent en cela de la plupart des sels neutres auxquels cette propriété manque. Aussi ces derniers ne peuvent-ils pas se produire directement; une quantité insuffisante de sulfide arsénique les rend basiques; et si, au contraire, on ajoute le sulfide arsénique en excès, ils s'emparent d'une portion de cet excès, sans toutefois pouvoir s'en saturer au point de devenir bisulfarséniates, et l'on ne peut pas les débarrasser de cet excédant par la cristallisation. La quantité de sulfide arsénique qu'absorbe le sel neutre, lorsqu'on les fait digérer ensemble, varie avec la température et le degré de concentration de la dissolution. Si l'on filtre une dissolution bouillante contenant un excès de sulfide arsénique, une portion du sulfide se déposera pendant le refroidissement. Le plus haut degré de saturation que

j'aie observé dans une dissolution de cette espèce après qu'elle était refroidie, offrait une moitié de la base à l'état de bi-sulfarséniate, et l'autre moitié à l'état de sulfo-arséniate neutre. Presque toujours la proportion de sulfide arsénique est moindre. Lorsqu'on a évaporé jusqu'à siccité un sel de cette nature, l'eau dissout d'abord le sel neutre; mais, au bout de quelque temps, elle dissout pareillement l'excès pulvérulent et jaune de sulfide arsénique.

Une température élevée décompose les sulfo-arséniates neutres et les bi-sulfo-arséniates de la manière suivante: ils entrent d'abord en fusion, puis en ébullition à la température rouge, et donnent alors un sublimé de soufre avec un résidu rouge-brique de sulfo-arsénite. Le potassium, le sodium, le lithium et le barium retiennent à l'état d'ignition 2 atomes de sulfide arsénieux par chaque atome de base sulfurée. Dissous dans l'eau, le résidu dépose premièrement une poudre rouge-brique, mais noircit ensuite, particulièrement lorsqu'on le chauffe, et alors la liqueur tient en dissolution un sulfarséniate basique, tandis qu'un hypo-sulfarsénite, avec une petite portion de la base, se précipite sous la forme d'une poudre brune ou rouge-brun. Les sulfarséniates sesqui-basiques ou sulfo-arséniates *aux deux tiers* (de sulfide arsénique) qui ont un radical alcaligène, ne donnent point de soufre, mais se fondent en une masse qui est jaune après le refroidissement, et qui dans l'eau devient d'abord blanche et incolore en se combinant avec son eau de cristallisation, puis se dissout sans résidu. Après que le soufre s'est volatilisé, le calcium et le magnésium abandonnent dans l'ignition

la majeure partie du sulfide arsénieux, et laissent une masse blanche qui n'a pas subi la fusion, et consiste en un sel basique à grand excès de base. La plupart des sels métalliques proprement dits donnent d'abord du soufre, puis du sulfide arsénieux, et pour résidu un sulfure métallique. L'argent et le mercure maintiennent le sulfide arsénique indécomposé, et ne s'en séparent point lorsqu'il est en excès. Les sulfo-arséniates préparés par la dissolution du sulfide arsénique dans une base oxigénée, et qui par suite contiennent un arséniate ou un arsénite, subissent en outre une altération qui consiste dans la réduction par le soufre de l'arséniate en sulfate, d'où résulte un moindre dégagement de soufre dans la distillation.

L'alcool produit une altération toute particulière sur les sulfo-arséniates neutres ayant pour base un sulfure alcalin, lorsqu'on mêle ce liquide avec leurs dissolutions concentrées. Il en précipite un sel basique sulfarséniaté aux deux tiers (1) (sulfarséniate sesqui-basique), ordinairement sous forme de paillettes cristallines, et la liqueur devient jaune. Elle tient alors en dissolution un bi-sulfarséniate, quelquefois mélangé avec une petite portion conjointement dissoute du sel basique. On

---

(1) C'est ainsi que M. Berzelius s'énonce en suédois d'après le mode proposé par M. Léopold Gmelin. Dans cette expression : *sulfarséniate aux* $\frac{2}{3}$, la partie électro-négative du sel neutre est prise pour unité. Suivant la nomenclature française, qui se déduit plus commodément de la nomenclature latine que de toute autre, c'est au contraire la base du sel neutre que l'on prend pour unité *lorsqu'on veut*

peut isoler le bi-sulfarséniate de cette liqueur spiritueuse en la faisant chauffer doucement, puis évaporer brusquement sur un verre plat; elle laisse alors une masse d'un jaune citron, adhérente au verre (absolument semblable pour toutes les bases énergiques), laquelle est décomposée par l'eau et laisse du sulfide arsénique en non-solution. Mais si l'on évapore la solution spiritueuse en assez grande quantité dans une cornue et sur un bain de sable, elle donne, par un lent refroidissement de tout le système, une masse d'un jaune clair, cristallisée en rayons ou en écailles suivant la nature de la base qui entre dans le sel, et dépose au fond de la cornue, particulièrement lorsque la liqueur est arrivée à un certain degré de concentration, une poudre d'une belle couleur rouge ou orangée. La liqueur contient alors du sulfo-arséniate avec un moindre excès de sulfide arsénique. — Dans ce cas, l'excès de sulfide arsénique a subi une décomposition. La substance cristalline jaune est de l'arsenic à un haut degré de sulfuration; je l'ai trouvée composée de 80 parties de soufre et 20 p. d'arsenic, ce qui revient à $AsS^{18}$. Je procédai ainsi qu'il suit dans l'analyse que j'en fis : après l'avoir traitée par l'acide muriatique pour en extraire les bases sulfurées qui s'y trouvaient, je la dissolvis dans l'eau

---

*désigner un sel basique*, et alors l'indication numérale se joint au mot qui représente la base. Mais s'il s'agit d'un sel acide, l'exposant numéral se place avant le nom du sel, et se rapporte toujours à la partie électro-négative, tant en suédois qu'en latin et en français.

(*Note du Traducteur.*)

régale ; je précipitai l'acide sulfurique par du sel de baryte, et après avoir, au moyen de l'acide sulfurique, séparé ce sel de la dissolution filtrée, je précipitai l'acide arsénique par un sel d'oxide de fer dont la proportion de fer était connue, de la manière indiquée, pour la première fois, par M. Berthier. La proportion de sulfure-base contenue dans cette substance est très-légère et si variable que je ne saurais affirmer que ce sulfure en constitue une partie essentielle. Quoi qu'il en soit, la solution alcoolique du sel de potassium m'a toujours donné des cristaux rayonnés, et la solution alcoolique du sel de sodium des cristaux lamelleux et brillans, lesquels tombent en une poudre jaune après qu'on en a exprimé la liqueur. Ce que l'on obtient de cette substance est peu considérable, quoiqu'elle paraisse quelquefois remplir la liqueur sous forme de gros mamelons. — La meilleure manière de l'obtenir en quantité majeure est de traiter par le sulfide arsénieux une dissolution d'hépar dans l'alcool ; mais, dans ce cas, la liqueur dépose, après l'ébullition, des cristaux de soufre qui se mêlent avec ceux du sur-sulfure.

La substance rouge qui se dépose au fond de la cornue, et que l'on obtient même assez souvent par l'évaporation des dissolutions dans l'eau, n'est cependant pas résultée de la formation du sur-sulfure dont je viens de parler. Dans les analyses que j'en ai faites, je l'ai toujours trouvée si voisine de $AsS^5$, formule représentative de la composition du sulfide arsénique, que la différence ne pouvait être attribuée qu'à des inexactitudes d'observation. Cette substance rouge est formée

principalement par les sels de potassium et d'ammonium, et sa couleur paraît tenir uniquement à une texture plus dense, d'autant que le sulfide arsénique $AsS^5$, étant fondu et pulvérisé, présente aussi une couleur rouge. Toutefois il est possible qu'un mélange de réalgar $AsS^2$ contribue à aviver la nuance.

Les acides décomposent les sulfo-arséniates avec développement d'hydrogène sulfuré. Si la dissolution est étendue, la décomposition a lieu sans effervescence, et la liqueur ne sent que le sulfide hydrique. Le gaz acide carbonique lui-même, introduit dans une dissolution d'un de ces sels, en précipite du sulfide arsénique.

J'ai quelques raisons de soupçonner que, dans ce cas, un peu de sulfide hydrique se précipite avec le sulfide arsénique; mais je n'ai jamais réussi à les obtenir combinés, au moment de la précipitation, en un seul corps *sui generis*, de la manière dont M. Zeise a fait voir que le sulfide hydrique et le sulfide carbonique peuvent entrer en combinaison.

Les bases salifiables oxigénées et les oxi-sels précipitent et décomposent les sulfo-arséniates tout comme si c'étaient des oxi-arséniates. Ainsi, par exemple, l'hydrate de potasse précipite le sulfarséniate magnésique en hydrate de magnésie, le sulfate de potasse précipite le sulfarséniate de barium en sulfate de baryte, et la meilleure voie pour produire tous les sulfarséniates métalliques insolubles est la double décomposition de leurs oxi-sels par un sulfarséniate d'alcaligène. Les bases salifiables qui abandonnent facilement leur oxigène décomposent les sulfo-sels de cette dernière classe en oxidant le radical alcalin de leur base sulfurée, ainsi

qu'une portion de leur arsenic, d'où résulte un oxi-sel, tandis que leur soufre se combine avec le métal désoxidé qui forme alors avec le reste du sulfide arsénique un sulfarséniate basique. Si l'oxide ajouté ne suffit pas pour décomposer la totalité du sulfarséniate alcalin, le nouveau sulfo-sel métallique se dissout le plus souvent dans la portion indécomposée du sulfo-sel alcalin, et laisse un résidu qui est ou un sulfure métallique ou un sulfarséniate complètement sur-saturé de sulfure-base.

Les sulfarséniates ont beaucoup de tendance à s'unir entr'eux pour former des sels doubles, et cette tendance est particulièrement prononcée dans ceux dont les oxi-sels correspondans se combinent aisément. Par exemple, les sulfo-arséniates sodique et magnésique se combinent avec le sulfo-arséniate ammonique en sels doubles qui cristallisent tout d'une pièce.

Chauffés jusqu'au rouge à feu découvert, les sulfarséniates se décomposent assez facilement en dégageant de l'acide sulfureux et de l'acide arsénieux, et laissant pour résidu un sulfate sans traces d'arséniate.

Ils ne s'altèrent que très-lentement par l'action de l'air lorsqu'ils sont en dissolution. Sous forme sèche, ils sont inaltérables. En dissolution concentrée, ils le sont encore presque complètement; et alors même que la dissolution est très-étendue, il faut plusieurs mois d'exposition à l'air pour les décomposer. Abandonnés à une évaporation spontanée, ils commencent par se recouvrir d'une pellicule blanche qui, lorsque la liqueur est étendue, se propage en nuage blanc à travers toute la masse. Ce nuage est produit par du soufre. Au bout de quelque temps, il se dépose une quantité corres-

pondante d'hypo-sulfarsénite brun mélangé de sulfide arsénique ; après quoi, il se forme un second précipité de soufre.

Une dissolution de sulfo-arséniate sodique laissée pendant deux mois dans un lieu échauffé à 50°, finit par se décomposer entièrement, et le dépôt de sulfide arsénique en ayant été séparé à plusieurs reprises, il ne resta qu'une poudre blanche au fond de la liqueur ; cette poudre était du soufre mêlé avec de la silice provenant du verre qu'une longue digestion avait commencé d'attaquer. La liqueur rougissait à peine le papier de tournesol ; elle fut précipitée par le sel de baryte ; le précipité, traité par l'acide muriatique, résista en grande partie à son action dissolvante ; c'était du sulfate de baryte. L'acide muriatique ayant été traité par l'ammoniaque caustique, donna, au bout de quelque temps, un abondant précipité d'arsénite de baryte sous forme de grands flocons blancs et légers. — Une autre partie de la même dissolution, laissée à la température ordinaire dans une capsule peu profonde, imparfaitement recouverte, donna encore, au bout de deux mois, un abondant précipité de sulfide arsénique lorsqu'on la traita par les acides.

*Sulfarséniate potassique. a*) La meilleure manière d'obtenir le sel *neutre* est de décomposer l'oxi-sel neutre par l'hydrogène sulfuré. Evaporé dans le vide, il laisse une masse jaunâtre visqueuse, qui offre quelques indices de cristallisation et ne se dessèche pas complètement. A l'air, la dissolution se maintient liquide pendant quelque temps ; mais ensuite elle se prend en une

masse cristallisée où l'on peut distinguer des tablettes rhomboïdales. — Le sel qu'on obtient en faisant macérer le sulphydrate potassique avec un excès de sulfide arsénique, étant évaporé à l'air, se recouvre d'abord d'une pellicule de soufre, dépose ensuite une croûte rouge, puis finit par se dessécher en une masse sirupeuse, et, à cet état, est débarrassé de l'excès de sulfide arsénique. Complètement desséché, le sel est d'un jaune citron. Il s'amollit peu à peu à l'air et devient visqueux. *b*) Le sel *basique* ou sulfarséniate sesqui-potassique s'obtient en mêlant la dissolution du sel neutre avec de l'alcool qui la rend laiteuse, après quoi elle dépose un liquide huileux qui est une dissolution concentrée du sel basique. Il est déliquescent, prend une texture cristalline-rayonnée par la dessiccation à une chaleur douce, mais s'humecte de nouveau à l'air. *c*) Le *bi-sulfarséniate* s'obtient dissous dans l'alcool. Il est inconnu sous forme solide, attendu qu'il se décompose durant l'évaporation de la manière que j'ai dite. La composition des deux derniers sels fut déterminée en précipitant leurs dissolutions par l'acide muriatique, et pesant, d'une part, le chloride de potassium après l'avoir fait évaporer, puis rougir; d'autre part, le sulfide arsénique, après l'avoir fait sécher à une température où il commençait à se fondre. *d*) *Sulfarséniate potassique sursaturé* (*de sulfide arsénique*) ou *persulfarséniate potassique.* On l'obtient en précipitant le sel neutre par l'acide carbonique, ou en décomposant l'oxi-sel acide par l'hydrogène sulfuré qui précipite le persulfarséniate. C'est une poudre jaune qui, bien lavée, se compose de 97,1 p. de sulfide arsénique et 2,9 p. de sulfure de potassium.

'ai trouvé ces proportions constantes pour divers modes e préparation.

La composition de ces quatre sels est :

Pour le sel neutre, $KS^2 + AsS^5$;
Pour le sel basique, $3KS^2 + 2AsS^5$;
Pour le bi-sulfarséniate, $KS^2 + 2AsS^5$;
Et pour le persulfarséniate, $KS^2 + 24AsS^5$.

*Sulfarséniate sodique.* *a*) Le sel *neutre*, en s'évapo-ant, donne une liqueur visqueuse qui finit par se des-écher à une chaleur douce et devient d'un jaune citron. l se ramollit à l'air humide. Lorsqu'il contient un excès de sulfide arsénique, il jaunit avant de se des-écher; il fond à une chaleur douce dans l'eau avec aquelle il est combiné chimiquement; celle-ci se vola-ilise à l'air libre, et le sel redevient solide en se refroi-dissant. La masse en fusion n'est que très-peu colorée; igée, elle est jaune.

*b*) Le sel *basique* s'obtient, soit en précipitant le sel neutre par l'alcool, soit en le mêlant avec du sulfo-ydrate sodique, et l'abandonnant à une évaporation spon-tanée. L'alcool le précipite sous forme de paillettes cris-tallines d'un blanc de neige, que l'on peut recueillir sur le filtre, laver à l'alcool et sécher. Elles conservent leur blancheur après la dessiccation lorsqu'elles ont été bien lavées. La dissolution de ce sel dans l'eau est inco-lore ou très-peu colorée, et donne naissance à des cristaux. J'en ai obtenu de plusieurs formes. Une dissolution de sulfide arsénique dans la soude caustique donna lieu à des tables rhomboïdales irrégulières, offrant une croix diagonale du centre de laquelle partaient les rayons qui

constituaient la table. En faisant refroidir une dissolution dans l'eau bouillante du sel précipité par l'alcool, j'ai obtenu de longs prismes à six pans, un peu aplatis, ayant deux angles aigus ; une évaporation spontanée ou une lente cristallisation par refroidissement donnent lieu à des prismes tétraèdres, transparens, à base rhomboïdale, et dont les sommets ont une facette sur chacun des angles aigus ; enfin, par une cristallisation encore plus lente, et qui ne commençait qu'à une température inférieure à 0°, j'ai obtenu des octaèdres blancs et opaques à base rhomboïdale. Les grands cristaux transparens ont une faible teinte de jaune et un éclat qu'on peut assimiler à celui du diamant. Ceux qui sont opaques sont d'un blanc laiteux. Ce sel est inaltérable à l'air. L'eau en dissout facilement une forte proportion. Dans le vide et au-dessus d'une capsule contenant de l'acide sulfurique, il ne perd pas son eau de cristallisation à la température ordinaire de l'atmosphère ; mais si on l'échauffe doucement, l'eau de cristallisation se dégage, et les cristaux deviennent d'un blanc laiteux sans changer de forme. Enfin, si l'on pousse fortement la chaleur, le sel jaunit et dégage un peu d'hydrogène sulfuré, provenant vraisemblablement de ce qu'une portion de la base en excès décompose l'eau et se transforme en soude. Chauffé dans un appareil distillatoire, il fond dans son eau de cristallisation, et donne une liqueur à peine colorée en jaune ; l'eau se dégage peu à peu et laisse un sel blanc qui, au dernier période de sa dessiccation, subit une espèce de décrépitation ; alors se dégage une petite quantité d'hydrogène sulfuré, et le sel devient jaune. Il fond ensuite avec une tranquillité

parfaite, et sans décomposition, en un liquide rouge-sombre, jaunit par le refroidissement, et se redissout complètement dans l'eau, après avoir repris son eau de cristallisation et blanchi.

J'ai analysé ce sel obtenu de trois manières différentes :

*A*) Le sel neutre dissous dans l'eau et précipité par l'alcool donna 42,7 pour cent de chloride de sodium, et 38,5 de sulfide arsénique desséché jusqu'à la fusion naissante.

*B*) Je fis digérer avec le sulfide arsénieux une solution de $NaS^{10}$ dans l'alcool, et je la filtrai ; la portion non dissoute fut lavée avec de l'alcool, puis dissoute dans l'eau et précipitée par l'alcool. Elle donna 42,73 de chloride de sodium et 38,19 de sulfide arsénique.

*C*) Le sel neutre, ayant été mêlé avec un excès de sulfo-hydrate sodique, fut évaporé à la température ordinaire au point de cristalliser. Il donna 42 de chloride de sodium et 37,4 de sulfide arsénique. En mettant la perte sur le compte de l'eau de cristallisation, ce sel est composé ainsi qu'il suit :

| | *A* | *B* | *C* | Nombres donnés par le calcul. |
|---|---|---|---|---|
| Sulfure de sodium, | 28,60 | 28,65 | 28,16 | 28,61 |
| Sulfide arsénique, | 38,50 | 38,19 | 37,40 | 38,69 |
| Eau, | 32,90 | 33,16 | 34,44 | 32,70. |

Le résultat calculé a pour base la formule :

$$3\,NaS^2 + 2\,AsS^5 + 30\,Aq,$$

et répond à une quantité d'eau de cristallisation dont l'oxigène serait quintuple de celui de la base supposée base-à-oxigène.

La propriété qu'ont ces sels de prendre en combinaison de l'eau de cristallisation comme les oxi-sels, montre mieux que tout autre fait chimique, l'espèce de rôle que l'eau de cristallisation joue dans les premiers, et prouve que son office est tout autre que celui de l'eau combinée, soit avec les acides, soit avec les bases. De plus, la possibilité de la combinaison de l'eau avec les sulfo-sels suffit pour faire entrevoir celle de la combinaison de ces corps avec d'autres substances oxigénées.

*c*) Le *bi-sulfarséniate* s'obtient au moyen de l'alcool. Il n'est connu qu'en dissolution dans cette liqueur; après avoir été distillée en quantité suffisante, la dissolution dépose souvent un sursulfure sous forme de belles paillettes cristallines.

*d*) Le sel *sursaturé* de sulfide arsénique s'obtient de la même manière que le persulfarséniate de potassium. Il est jaune et pulvérulent. Je ne l'ai point analysé.

*Sulfarséniate lithique.* *a*) Le sel *neutre* ne cristallise point. Il se dessèche en une masse d'un jaune citron qui ne s'humecte point à l'air et se redissout complètement dans l'eau. *b*) Le sel *basique* est précipité par l'alcool en larges écailles cristallines, brillantes et incolores, qui se dissolvent aisément dans l'eau, prennent la forme de prismes hexaèdres par le brusque refroidissement d'une solution bouillante, et cristallisent par une évaporation spontanée en prismes tétraèdres aplatis à base rhomboïdale. Durant et après la calcination, ce sel se comporte absolument comme le sel de sodium.

*c*) Le *bi-sulfarséniate* et le *persulfarséniate* lithiques ressemblent beaucoup aux sels analogues de sodium.

*Sulfarséniate ammonique. a*) Le sel *neutre* abandonné à une évaporation spontanée se transforme en une masse gluante et pâteuse d'un jaune tirant sur le rouge, laquelle ne se durcit point et qu'on ne peut pas dessécher complètement sans la décomposer. Chauffée dans l'appareil distillatoire, elle commence par se fondre, donne un peu d'eau, puis distille une liqueur jaune qui contient un sulfure d'ammonium avec double proportion de soufre, et laisse du sulfide arsénieux, lequel finit par se sublimer sans résidu.

*b*) Le procédé le plus avantageux pour obtenir le sel *basique* est de mêler le sel neutre avec du sulphydrate ammonique, de chauffer doucement le mélange et d'y verser de l'alcool chaud en agitant le tout. Pendant que la dissolution refroidit, le sel forme des cristaux prismatiques incolores, qui, après avoir été lavés à l'alcool et pressés dans du papier, se conservent assez bien à l'air, mais jaunissent ordinairement à la surface. Ils se décomposent dans la distillation comme le sel neutre. La formule qui représente la composition du sel basique est $3\,Am^2S + AsS^5$, $Am$ étant l'ammonium $= AH^4$. Je n'ai pas déterminé la proportion d'eau de cristallisation qui y entre. Si l'on fait bouillir une dissolution de ce sel ou du sel neutre dans l'appareil distillatoire, il se dégage du sulfure d'ammonium $Am^2S$, et la liqueur prend une couleur orangée intense. En se refroidissant, elle dépose une poudre jaune qui correspond pour la composition au sel de potassium sursaturé de sulfide arsénique.

*c*) Le *bi-sulfarséniate* s'obtient en dissolution dans l'alcool lorsqu'on précipite le sel neutre par cette liqueur.

J'ai essayé de mêler du sel ammoniac en poudre avec le sulfarséniate potassique neutre, fondu et pulvérisé, et de sublimer le mélange. Mais j'ai recueilli à la fois de l'eau et de l'ammoniaque, avec un sublimé jaune qui n'était qu'un mélange de sel ammoniac et de persulfarséniate ammonique insoluble.

Le sulfide arsénique se dissout dans l'ammoniaque caustique concentrée; mais il est décomposé par l'ammoniaque étendue d'eau, et donne un résidu de soufre. L'ammoniaque concentrée laisse elle-même un peu de soufre en non-solution. En général, j'ai observé que le sulfide arsénique laissait toujours un petit résidu de soufre, alors même qu'il était absorbé par des sulphydrates; cependant, dans ce dernier cas, le précipité de soufre peut provenir de ces sels, attendu que le contact de l'air leur a fait éprouver une décomposition partielle inévitable.

Si on laisse du sulfide arsénique plongé dans le gaz ammoniac, celui-ci est absorbé et la masse se transforme en un sel : c'est du *sulfo-arséniate d'ammoniaque*. Sa couleur est une espèce de jaune pâle. Il se dissout dans l'eau, et la dissolution dépose, au bout de quelque temps, un abondant précipité jaune. Il se décompose à l'air, et l'ammoniaque se volatilise, en sorte qu'au bout d'une couple d'heures il ne reste que du sulfide arsénique.

*Sulfarséniate de barium. a)* Le sel *neutre* est soluble dans l'eau en toute proportion, et se dessèche en une masse fendillée, d'un jaune citron, susceptible de se redissoudre complètement dans l'eau. Si, après avoir fait sécher le sel au point que toute l'eau s'en soit dé-

gagée, on le laisse exposé à l'air, il réabsorbe la quantité d'eau avec laquelle il peut se combiner chimiquement, et en même temps se gonfle un peu et tombe en poussière. *b*) Le sel *basique* ressemble tout-à-fait au sel neutre; on le prépare en chauffant ce dernier jusqu'au rouge dans un vaisseau distillatoire, d'où résulte un sublimé de soufre et de sulfide arsénieux, outre un résidu consistant en une masse fondue qui est brune après le refroidissement, se dissout aisément dans l'eau, sauf un résidu brun, puis s'évapore et se dessèche en une masse non cristalline d'un jaune citron.

On l'obtient encore en mêlant le sel neutre avec une dissolution de sulfure de barium. Evaporée dans le vide, une semblable dissolution se congela; abandonnée à elle-même jusqu'à ce que la glace se fût évaporée, elle donna un sel sous forme de paillettes extrêmement fines, légères, non-cristallines et transparentes. Si l'on mêle le sel neutre avec de l'alcool, il se précipite une masse blanche, caséeuse, qui se dissout aisément dans l'eau, et paraît être le même sel contenant de l'eau en combinaison chimique. Je ne l'ai point analysé.

*c*) Le *bi-sulfarséniate* de barium se trouve dans la dissolution alcoolique, qui dépose, en s'évaporant, une poudre jaune, et finit par laisser le sel neutre d'un jaune citron pur, en sorte que le sulfide arsénique n'a pas subi de décomposition. La poudre jaune est insoluble dans l'eau et décomposable par les acides avec dégagement d'hydrogène sulfuré. Dans une analyse que j'en ai faite, j'ai obtenu 210 p. de sulfide arsénique contre 54 p. de sulfate de baryte, ce qui s'accorde exactement avec la formule $BaS^2 + 6\,AsS^5$. N'ayant fait

qu'une seule analyse de cette substance, je ne saurais affirmer que ce soit une combinaison à proportions fixes.

Le *sulfarséniate de strontium* se dissout aisément dans l'eau et se comporte tout-à-fait comme le sel de barium. En le mêlant avec de l'alcool, on obtient un précipité ou sirupeux, ou pulvérulent et blanc; l'un et l'autre est le sel *basique* plus ou moins complètement purgé de sel neutre. Il se dissout aisément dans l'eau et ressemble au sel neutre par ses propriétés.

*Sulfarséniate calcique. a*) Le sel *neutre* ressemble tout-à-fait au sel de barium; il donne par la dessiccation une liqueur sirupeuse et transparente, qui n'est que très-légèrement colorée, mais jaunit sur les bords par une évaporation spontanée ultérieure, et se durcit enfin pour former une masse jaune et opaque, qui perd son eau à 60°, mais la reprend à l'air en se gonflant, se fendillant et se détachant du verre. Une dissolution sirupeuse exposée pendant plusieurs jours à une température de —10° ne forma ni cristaux ni glace. *b*) Le sel *basique* se dissout aisément dans l'eau et ne cristallise point. On l'obtient en faisant digérer le sel neutre avec un excès de sulfure de calcium, filtrant la dissolution et la faisant évaporer, ou bien en mêlant la dissolution avec de l'alcool, auquel cas le sel se dépose sous forme sirupeuse ou pulvérulente, suivant la quantité d'eau qu'il contient. Le sulfarséniate calcique neutre est dissous par l'alcool, et ne précipite que le sel basique quand il se trouve dans la dissolution. On ne peut produire le bi-sulfarséniate, ni par ce moyen, ni par l'ébullition avec un excès de sulfide arsénique.

En traitant le sel de calcium par l'alcool, j'ai quel-

quefois obtenu, après la dissolution du sel basique dans l'eau, une poudre blanche insoluble, que je pris d'abord pour un sel contenant une plus forte proportion de base que le précédent; mais l'analyse me fit voir que c'était du sulfite de chaux exempt de sulfide arsénique, et résultant en partie de l'action de l'air auquel le sel avait été précédemment exposé, et en partie de la grande quantité d'air atmosphérique contenue dans l'alcool.

Par la distillation du sulfarséniate calcique neutre, on obtient, à la température rouge, un résidu incolore qui paraît être un sel ultrà-basique, exempt d'eau. Il se décompose par la calcination, et se change en une masse de sulfate de chaux dont le poids est presque égal à celui du sel employé; mais cette décomposition marche très lentement, et la masse retient encore, après une longue ignition, une certaine proportion de sulfide arsénique. La quantité de gypse fournie par le sel indique une composition voisine de la formule $2\,CaS^2 + AsS^5$; cependant je n'ai point répété cette expérience.

*Sulfarséniate magnésique.* Le sulfarséniate *neutre* est soluble dans l'eau en toute proportion, et forme en se desséchant une masse d'un jaune citron, où l'on remarque des signes de cristallisation. Elle ne reprend point d'eau à l'air et se conserve sans altération. Elle se dissout dans l'eau sans résidu. La dissolution n'est point précipitée par l'alcool. *b*) On prépare le sel *basique* en mêlant le sel neutre avec une dissolution de sulphydrate magnésique (dont on ajoute toujours de nouvelles doses tant qu'il y a encore dégagement de sulfide hydrique), puis évaporant la liqueur dans le vide, ou en refroidissant fortement une dissolution suffisamment concen-

trée. Il forme des cristaux incolores et striés, qui s'humectent à l'air. L'alcool en sépare, en le dissolvant, un sulfarséniate neutre, et laisse un sel contenant une proportion encore plus forte de base, lequel est insoluble ou presque insoluble dans l'eau. On obtient un produit semblable en chauffant le sel neutre jusqu'au rouge dans un appareil distillatoire; le sel ultrà-basique reste alors sous forme d'une masse blanche, poreuse, qui n'a pas subi la fusion. Le bi-sulfarséniate paraît ne pas exister.

Le *sulfarséniate yttrique* et le *sulfarséniate glucinique* sont tous deux solubles dans l'eau. Les sels neutres de glucine et d'yttria ne sont point troublés par les sulfarséniates neutres ou basiques, et les hydrates de ces terres, étant digérés avec le sulfide arsénique, en dissolvent une portion, en sorte que la dissolution devient jaunâtre, et précipite du sulfide arsénique lorsqu'on la traite par les acides. La quantité dissoute n'est cependant pas considérable, mais plus que suffisante pour mettre hors de doute que l'hydrate et le sulfide arsénique contribuent à la dissolution l'un de l'autre.

Le *sufarséniate aluminique* donne un précipité jaune clair, dont on ne peut pas dire avec certitude si c'est un mélange d'hydrate d'alumine et de sulfide arsénique, ou une véritable combinaison. Après la dessiccation, les acides en séparent de l'alumine sans aucune odeur de sulfide hydrique, en sorte qu'on peut dire au moins du précipité sec que ce n'est qu'un mélange mécanique.

Le *sulfarséniate zirconique* est précipité par les

sulfarséniates, tant neutre que basique (1). Le précipité ne se montre qu'au bout de quelques instans ; il est d'un jaune citron à l'état humide, et d'un jaune orangé après la dessiccation, qui met ainsi en évidence la couleur du sulfure de zirconium. Il n'est pas le moins du monde altéré par les acides, qui n'en tirent point de zircône. On sait que le sulfure de zirconium est pareillement inattaquable aux acides.

Le *sulfarséniate manganeux* est jusqu'à certain point soluble dans l'eau, et cette propriété est commune au sel neutre et au sulfarséniate sesqui-manganeux. Les oxi-sels de manganèse ne sont point précipités par les sulfarséniates, et si l'on fait bouillir du carbonate d'oxidule de manganèse avec du sulfide arsénique récemment précipité et bien lavé, ce dernier se dissout, et en poussant l'ébullition, on produit un dégagement de gaz acide carbonique. Cependant la meilleure manière d'obtenir ce sel est de faire digérer du sulfure de manganèse récemment précipité et encore humide avec du sulfide arsénique et de l'eau. Une portion se dissout dans la liqueur, mais la plus grande partie reste en non-solution sous forme d'une poudre jaune, qui se dissout par l'addition d'une nouvelle quantité d'eau. Si l'on fait évaporer la dissolution, elle commence par précipiter du soufre, et dépose ensuite une masse d'un jaune ci-

(1) Pour les précipités suivans, je me suis servi d'un sel neutre obtenu en traitant l'arséniate neutre de soude par l'hydrogène sulfuré et une dissolution de sulfarséniate sesqui-sodique cristallisé. Les oxi-sels métalliques étaient tous neutres.

tron, qui ne se redissout pas complètement dans l'eau parce qu'elle a été décomposée par l'air. La dissolution dans l'eau, étant traitée par les acides, donne un précipité abondant de sulfide arsénique, et dégage du sulfide hydrique quand le sel a été préparé avec du sulfure manganeux. Mais s'il a été fait avec du carbonate d'oxidule de manganèse, le précipité a lieu sans dégagement de sulfide hydrique, parce que l'oxi-arséniate qui se forme alors est soluble, ainsi que le sulfo-arséniate, et se décompose dans la précipitation. Si l'on verse de l'ammoniaque caustique concentrée sur le sel jaune pulvérulent que l'on obtient en faisant digérer le sulfure manganeux avec du sulfide arsénique, ce sel se décompose, l'ammoniaque lui enlève son sulfide arsénique, et laisse une poudre rouge-brique qui a tout l'aspect du sulfure manganeux, mais en diffère cependant en ce qu'elle ne se décompose point à l'air et comporte le lavage et la dessiccation, tandis que le sulfure de manganèse brunit aussitôt dans les mêmes circonstances. Après la dessiccation, cette poudre est d'un rouge-brique pâle. Une portion du sel ayant été décomposée par l'acide sulfurique, après un lavage préalable, donna 290 p. de sulfate neutre anhydre d'oxidule de manganèse et 78 p. de sulfide arsénique fondu, nombres qui correspondent exactement avec la formule

$$3\,MnS^2 + AsS^5.$$

C'est donc du *sulfure manganeux sulfarséniaté au tiers*, ou en moins de mots, du *sulfarséniate tri-manganeux*, c'est-à-dire, un sel où le sulfide arsénique est combiné avec deux fois autant de sulfure que dans le premier sel basique. Ce sel brûle de lui-même lorsqu'il a un point

en ignition, et se consume rapidement étant chauffé en masse.

Le *sulfarséniate de zinc* se précipite sous forme d'une poudre volumineuse d'un jaune clair, qui, desséchée, est d'un beau jaune-orangé. Le sel basique se précipite en une couleur beaucoup moins jaunâtre, mais offre, après la dessiccation, la même nuance que le sel neutre.

J'ai déjà dit que tous les sulfarséniates métalliques proprement dits, tant neutres que basiques, donnent du soufre par le grillage, et se transforment en sulfarsénites, à l'exception des sels d'argent et de mercure. D'après cela, je ne parlerai des phénomènes qu'ils présentent dans la distillation, qu'en traitant des sulfarsénites.

Le *sulfarséniate ferreux* se précipite en brun foncé, et devient bientôt tout-à-fait noir. Le précipité se dissout en brun-noirâtre dans un excès du précipitant. Par la dessiccation, il se décompose et prend une couleur de rouille foncé. Dans cette circonstance, une portion du fer s'oxide, tandis que l'autre portion forme, avec le soufre et le sulfide arsénique, le sel dont la description va suivre. Le précipité basique se comporte absolument comme celui du sel neutre.

Le *sulfarséniate ferrique* est précipité par le sel neutre sous forme d'une masse floconneuse, d'un gris sale, tirant sur le vert. Au premier instant de la précipitation, il se développe une couleur d'un brun-jaunâtre foncé qui provient de ce que le précipitant reprend alors une portion du précipité. Cette couleur se maintient lorsque le précipitant est ajouté en excès, mais

s'évanouit quand c'est le sel d'oxide de fer qui domine. Le précipité se dissout en partie dans un excès du précipitant; la liqueur devient presque noire, et laisse un résidu noir en non-solution; le sulfo-sel basique se précipite plus lentement, mais il a la même couleur gris d'argile que le sel neutre. L'un et l'autre se dessèchent sans altération, et présentent, après la dessiccation, une couleur d'un gris verdâtre. Ils se fondent avec une extrême facilité, et, par un très-faible accroissement de température, ils dégagent du soufre et se transforment en un sulfarsénite aussi fusible qu'eux.

Le *sulfarséniate cobaltique* s'obtient sous la forme d'un précipité brun-foncé, qui est noir en masse et se conserve tel dans la dessiccation. Il est soluble en brun très-foncé dans un excès du précipitant.

*Sulfarséniate niccolique.* Il se comporte de la même manière; mais le sulfarséniate, au moyen duquel on l'obtient, donne d'abord une liqueur transparente d'un brun jaunâtre, qui s'obscurcit peu à peu et enfin se précipite; ce qui a lieu tant pour le sel basique que pour le sel neutre. La propriété qu'a ce sel, en commun avec le précédent, de se dissoudre dans un excès du précipitant, est cause que l'on ne peut pas les dépouiller de leur arsenic au moyen des sulphydrates.

Le *sulfarséniate céreux*, tant basique que neutre, forme un précipité jaune-pâle, qui devient un peu plus jaune par la dessiccation.

Le *sulfarséniate cérique* est un peu soluble dans l'eau, en sorte que la dissolution ne donne point de précipité lorsqu'elle est très-étendue; hormis ce cas, le précipité est d'un blanc qui tire un peu sur le jaune.

Le *sulfarséniate cadmique* forme un précipité jaune-clair.

*Sulfarséniate plombique.* Le sel neutre donne un précipité brun-foncé, et le sel basique un précipité d'un beau rouge; tous deux noircissent étant rassemblés en masse, et sont complètement noirs après la dessiccation.

Le *sulfarséniate stanneux* est un précipité châtain-foncé, qui ne change pas de couleur en séchant. Le sel basique est tout-à-fait semblable au sel neutre.

Les *sulfarséniates stanniques,* basique et neutre, donnent un précipité mucilagineux, d'un jaune pâle, difficile à filtrer. A l'état sec, il est d'un beau jaune-orangé.

Les *sulfarséniates bismuthiques,* tant neutre que basique, forment des précipités d'un brun-foncé absolument semblable, et solubles dans un excès du précipitant.

Le *sulfarséniate uranique* donne un précipité jaune-sale; celui du sel basique est un peu plus foncé. Tous deux se dissolvent avec une belle couleur jaune-brun dans un excès du précipitant. Le précipité est jaune-foncé après la dessiccation.

Le *sulfarséniate cuprique* donne un précipité brun-foncé qui devient noir en se desséchant. Ce composé se forme souvent dans les analyses, quand on précipite par l'hydrogène sulfuré une liqueur acide contenant de l'acide arsénique et de l'oxide de cuivre. Si l'acide arsénique est en excès, le sulfarséniate de cuivre se précipite le premier en brun, puis du sulfide arsénique en jaune.

Le *sulfarséniate hydrargyreux* donne un précipité noir quand le sel dont on le précipite est exempt de tout mélange d'oxide, et, dans le cas contraire, un précipité jaunâtre-foncé qui prend un ton encore plus sombre en séchant. Chauffé dans l'appareil distillatoire, ce sel subit, à une certaine température, une violente décrépitation avec développement de mercure métallique, et sans offrir traces de soufre ou de cinabre. La masse décrépitée se sublime ensuite sans altération, et le produit de la sublimation n'est autre que le composé suivant :

Le *sulfarséniate hydrargyrique*, tant basique que neutre, se précipite en jaune foncé, et cette couleur subsiste encore après la dessiccation. Il se sublime sans aucun dégagement de soufre. Le sublimé est d'un noir éclatant, et donne une poudre rouge comme de cinabre impur.

Le *sulfarséniate argentique* se précipite en brun foncé, et paraît d'abord être en dissolution dans l'eau; mais il se rassemble ensuite, tombe au fond du vase et devient noir. Il donne par la dessiccation une masse noire dont la poudre est brune. Le sel neutre et le sel basique se comportent absolument de la même manière. Il ne rend par la distillation ni soufre ni sulfide arsénique, et fond, au rouge cerise, en un globule métallique gris et brillant, sans dégager aucun produit volatil. Le globule est doux (malléable), se condense ou *se tasse* sous le marteau, et n'est point réductible en poudre. A feu découvert, le sulfide arsénique se consume et se dégage facilement, laissant un résidu de sulfure d'argent. Il est à remarquer que l'argent, dont

l'oxide est une base extrêmement faible, a au contraire tant d'énergie à l'état de sulfo-base, que le sulfure d'argent peut être rapproché, sous ce point de vue, des sulfures alcalins (à radicaux alcaligènes). Cela tient à la grande affinité de l'argent pour le soufre.

Le *sulfarséniate aurique* est soluble dans l'eau en brun-rougeâtre. Le sel basique se précipite en brun-foncé, mais se redissout quand on le lave sur le filtre. Si l'on mêle du sulfate d'oxidule de fer dans la dissolution, il s'en précipite une substance d'un brun jaunâtre, et la liqueur devient incolore.

Le *sulfarséniate platinique*, tant basique que neutre, donne une dissolution d'un jaune foncé, qui devient peu à peu d'un brun sombre, sans se précipiter. Le sulfate ferreux en précipite une substance brune-noirâtre, presque noire, et la dissolution devient incolore.

Le *sulfarséniate chrômeux*, soit neutre, soit basique, est d'un jaune sale, et, après la dessiccation, d'un orangé impur.

Le *sulfarséniate molybdique* donna une dissolution d'un beau jaune-brun, qui se fonça peu à peu, mais ne déposa aucun précipité.

Le *sulfarséniate antimonieux* est orangé et se fond aisément.

J'ai dit que les sulfarséniates donnent naissance à des sels doubles. Telles sont assurément toutes ces dissolutions d'un sulfarséniate métallique dans le sulfarséniate alkalin; mais je n'ai bien étudié que trois de ces sels doubles, ce sont :

Le *sulfarséniate sodio-potassique* que l'on obtient en mêlant les deux sels qui le composent. A l'état basique,

ils cristallisent simultanément en grands cristaux très-réguliers, incolores, ou faiblement jaunâtres, absolument semblables, pour la forme, à ceux du sel double basique dont suit la description.

*Sulfarséniate sodi-ammonique.* Le sel basique se prépare en mêlant les deux sels, versant de l'alcool chaud dans la dissolution et l'agitant. Durant le refroidissement, il se forme, sur la paroi du vase, des tablettes quadrilatères. On obtient ce sel encore plus facilement en dissolvant du sulfarséniate sesqui-sodique dans une très-petite quantité d'eau, et ajoutant à cette dissolution une proportion convenable de sel ammoniac. Abandonnée à une libre évaporation, la liqueur dépose des cristaux transparens, incolores ou faiblement jaunâtres, sous forme de prismes à 6 pans, dont 2 plus larges que les autres, et terminés par deux sections perpendiculaires à l'axe, d'où résultent des tables quadrilatères en raison de la grande inégalité de largeur entre 2 des pans et les 4 autres. Ces cristaux ne s'altèrent point à l'air. Distillés, ils donnent du sulfure d'ammonium et un peu d'eau, et laissent un résidu consistant en sulfarsénite sodique. La composition du sulfarséniate sodi-ammonique est représentée par la formule :

$$(3\,NaS^2 + 2\,AsS^5) + 2\,(3\,Am^2S + AsS^5).$$

Il est beaucoup plus soluble que le sel sodique isolé. Les deux sels neutres étant mêlés l'un avec l'autre se dessèchent en une masse jaune qui ne présente d'une manière saillante aucun des caractères distinctifs des sels doubles.

*Sulfarséniate ammonio-magnésique.* On le prépare

en mêlant ensemble les dissolutions des deux sels dans l'alcool, d'où résulte, au bout de quelques instans, la précipitation d'un sel basique sous forme d'aiguilles cristallines blanches. Il se décompose lentement à l'air, et devient jaune en passant à l'état de sel neutre. Il se dissout aisément dans l'eau, et dégage des vapeurs de sulfure d'ammonium si l'on chauffe la liqueur. Livré à l'évaporation spontanée, il se dessèche en une masse jaune, non-cristalline, soluble dans l'eau, qui paraît être le sel neutre (le sel cristallin étant basique). La dissolution dans l'eau est derechef précipitée par l'alcool, qui sépare le sel double basique.

(*La suite paraîtra dans le prochain Cahier.*)

---

## Nouveaux Faits *pour servir à la théorie des Cimens calcaires.*

Par M. Vicat.

Dans le Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie le 1er février 1819, j'ai fait voir que la silice prise dans divers états, et mêlée avec de la chaux grasse en pâte dans la proportion en volume de 200 pour 100, donnait, après trois mois d'immersion, certaines résistances relatives qui correspondent aux enfoncemens ci-après produits par le choc d'une tige d'acier tombant d'une hauteur constante, savoir :

1°. Pour la silice en gelée légèrement desséchée..... millim. 1,34;

2°. Pour la même silice calcinée au rouge..... 1,86;

3°. Pour la silice séparée de diverses argiles par les acides, terme moyen... millim. 2,13;

4°. Pour la silice séparée des mêmes argiles légèrement calcinées..... 3,11;

5°. Pour la silice en poussière tout-à-fait impalpable, extraite du quarz et du cristal de roche par trituration et lavages successifs..... indéfiniment.

J'ai exposé de plus que l'alumine mélangée de la même manière avait donné, savoir :

6°. A l'état de gelée légèrement desséchée..... millim. 13,56;

7°. Après une légère calcination.... 9,60;

8°. Après une forte calcination..... indéfiniment.

Je n'étais pas en mesure alors de tirer de ces faits toutes les conséquences que je puis en déduire aujourd'hui. L'action de la silice extraite des argiles à l'état naturel, comparée à celle des mêmes argiles légèrement calcinées, me paraissait d'autant plus inconcevable que les argiles elles-mêmes employées dans ces deux états donnent des résultats tout-à-fait inverses.

Toutefois les expériences précédentes prouvaient déjà qu'il n'est pas nécessaire que la silice soit attaquable par les acides pour entrer en combinaison, par voie humide, avec la chaux après un laps de temps. Qu'il suffit pour cela qu'elle ait un certain degré de cohésion de moins que celui qu'elle possède dans le quarz, et que plus ce degré de cohésion s'approche de celui de la silice en gelée, plus la combinaison est rapide et la solidification qui en résulte considérable.

Quant à l'alumine, on voit que, même à l'état de gelée, sa combinaison avec la chaux, tout en donnant lieu à un composé insoluble, ne produit qu'un corps, sinon mou, du moins d'une très-médiocre consistance. On sait d'ailleurs que le deutoxide, le tritoxide et le carbonate de fer ne manifestent aucune action dans les mêmes circonstances.

Ces résultats admis, voici l'exposé des difficultés qui se présentent lorsqu'on essaie d'expliquer la solidification des cimens hydrauliques à chaux grasse et pouzzolanes :

L'argile est un mélange très-intime de silice, d'alumine et presque toujours d'oxide de fer, avec une certaine quantité d'eau en combinaison.

L'effet d'une légère calcination sur l'argile paraît être d'augmenter la cohésion de la silice, et de diminuer proportionnellement son énergie; de porter en outre le fer au *maximum* d'oxidation; d'enlever toute l'eau qui constituait les oxides à l'état d'hydrates, et de les rendre, de doux et gras qu'ils étaient au toucher, rudes, durs et absorbans.

Cela étant, si on fait un mélange de 100 parties de chaux grasse vive préalablement éteinte et de 433 parties d'argile non cuite, tenant 76 parties d'eau combinée, qu'on immerge ce mélange, il acquerra, après sept mois, un degré de solidification mesuré par un enfoncement de 15 millimètres de la tige d'essai. En cet état, le doigt poussé avec la force ordinaire du bras n'y produira aucune empreinte, et toute la chaux employée sera parfaitement neutralisée.

Si on fait un mélange semblable de 100 parties de

chaux vive et 452 parties de la même argile pesée après une légère calcination ; qu'on immerge ce mélange, il acquerra, après sept mois d'immersion, un degré de solidification mesuré par un enfoncement de 2 millimètres de la tige d'essai, il présentera d'ailleurs tous les caractères d'une véritable pierre.

Qu'on admette pour un instant que le genre de résistance offert par un ciment hydraulique à une pointe qui tombe sur sa surface est en raison inverse de l'enfoncement de cette pointe, les deux composés dont il s'agit seront sous ce rapport comme 2 est à 15.

Or, il y a évidemment quelque chose de contradictoire entre ces duretés et la différence hypothétique établie ci-devant entre l'argile calcinée et l'argile à l'état naturel ; à moins d'admettre que la perte d'énergie faite par la silice dans l'acte de la calcination ait été compensée plus de sept fois par la cohésion et la faculté absorbante acquises en même temps par toutes les parties de la matière calcinée. C'est à cette manière d'être des pouzzolanes que deux savans physiciens, MM. John et Berthier, attribuent exclusivement tous les phénomènes de la solidification. J'accorde une certaine influence aux qualités physiques dont il s'agit ; mais il convient de la réduire à sa juste valeur.

J'ai mis 600 parties d'argile légèrement cuite et pulvérisée, dans un flacon avec 600 parties d'eau pure, de telle manière qu'un peu d'eau surnageante remplissait exactement le goulot du flacon. Le tout pesé sur-le-champ a donné 1521. Vingt-quatre heures après, j'ai ajouté quelques gouttes d'eau pour remplacer celle qui manquait dans le goulot. Le tout pesé de nouveau a

donné 1526. Quarante-huit heures après la première pesée, j'ai trouvé de la même manière 1531, et les jours suivans il n'y a pas eu d'augmentation sensible. Ainsi l'argile calcinée a pris du premier coup environ 100 pour 100 d'eau et 16 millièmes de plus après deux jours. L'absorption a donc été presque instantanée ; or, la solidification complète des mélanges de chaux grasse et d'argiles calcinées, est le résultat de plusieurs années d'un travail intime.

J'ai gâché avec de la chaux grasse éteinte, diverses poudres dures et absorbantes provenant de la calcination faible, de quelques calcaires ferrugineux fortement arenacés ; le mélange n'a fait, après plusieurs mois d'immersion, qu'une mauvaise prise, et la chaux interposée se dissolvait continuellement.

J'ai comparé enfin les pouvoirs absorbans de deux pouzzolanes à grains durs, dont une de première qualité et l'autre très-médiocre ; la différence en faveur de la bonne pouzzolane n'a été que d'un dixième.

Je conclus de là que non-seulement la solidification des cimens hydrauliques à pouzzolanes ne peut pas être le résultat exclusif d'une faculté absorbante jointe à la dureté des particules de la matière, mais que ce serait beaucoup accorder encore à ces propriétés que de leur attribuer la compensation spécifiée ci-devant.

Ces considérations m'ont porté à croire qu'il n'était pas du tout exact d'assimiler ce qui se passe dans un mélange intime de silice, d'alumine et d'oxide de fer soumis à une faible calcination, à ce qui a lieu quand les mêmes oxides sont calcinés séparément, et qu'enfin c'était peut-être à tort qu'on énonçait d'une manière gé-

rale que l'argile, à l'état naturel, se porte plus facilement aux combinaisons chimiques, que lorsqu'elle est cuite à un certain degré (1).

J'ai changé ces conjectures en preuves par les expériences suivantes.

J'ai versé dans un bocal une certaine quantité d'eau de chaux filtrée, puis j'y ai introduit en petite portion d'abord, la meilleure de toutes les pouzzolanes artificielles que j'aie employée depuis douze ans. Ayant bien agité le tout et laissé reposer ensuite, j'ai tiré quelques gouttes de l'eau surnageante, lesquelles filtrées et essayées par la dissolution de sous-carbonate de potasse ont précipité de la chaux. J'ai ajouté de nouvelle pouzzolane et répété la même épreuve; cette fois le précipité a été beaucoup moindre; enfin il a cessé tout-à-fait quand les proportions respectives d'eau de chaux et de pouzzolane se sont trouvées de 7,00 à 1,00.

J'ai fait la même expérience sur la même argile non cuite, et 1,84 parties d'eau de chaux n'avaient pu être dépouillées encore par 1,21 d'argile (représentant 100 d'argile anhydre), lorsque l'expérience a cessé; les quantités relatives d'eau de chaux et d'argile étant déjà telles qu'il ne surnageait plus d'eau dans le bocal.

Voilà, ce me semble, un fait qui résout toutes les difficultés, en montrant combien l'affinité de l'argile calcinée pour la chaux surpasse celle de l'argile à l'état naturel. Il faut remarquer que l'expérience décrite ci-devant, n'a duré qu'une heure et demie environ, que la pouzzolane

---

(1) C'est l'objection qui m'a été faite par M. Berthier, *Annales de Chimie et de Physique*, tom. XXII, pag. 87 et 88.

essayée était en poudre d'un grain très-palpable, et que la quantité de chaux neutralisée n'est et ne pouvait être en effet qu'une fraction très-minime de celle qui entre en combinaison dans les ciments hydrauliques âgés de deux à trois ans.

J'ai cherché à vérifier ensuite si l'énergie d'une pouzzolane est proportionnelle à la quantité d'eau de chaux qu'elle est capable de dépouiller pendant un temps déterminé ; j'ai donc répété l'expérience sur la plus mauvaise de toutes les pouzzolanes employées dans mes recherches antérieures, pouzzolane résultant de la calcination au rouge d'un schiste ardoise, et j'ai effectivement trouvé que 100 parties de cette matière pulvérisée ne dépouillaient que 66 parties d'eau de chaux pendant le même temps que la bonne pouzzolane en dépouillait 700.

Le rapport est donc de 700 à 66.

Or, le tableau n°. IV des recherches publiées en 1818 offre justement sous les n^os^ *C* et *S*, deux ciments hydrauliques âgés d'un an et fabriqués avec de la chaux grasse et les pouzzolanes dont il s'agit ici. Les résistances relatives données par ce tableau sont comme 64 à 97.

Pour toute personne qui sait apprécier les difficultés attachées aux expériences de ce genre, l'inégalité des deux rapports ne paraîtra pas extraordinaire, et peut-être pensera-t-on avec moi que l'eau de chaux employée comme je l'ai indiqué pourra devenir désormais un moyen aussi simple qu'expéditif de mesurer l'énergie des diverses pouzzolanes employées dans les constructions.

Quoi qu'il en advienne au surplus, il reste maintenant démontré, 1°. que les argiles qui, par une légère calci-

nation, se transforment en bonnes pouzzolanes, sont aussi pouzzolanes à l'état naturel, quoiqu'à un degré beaucoup moindre; 2°. que la solidification des cimens hydrauliques à chaux grasse et argiles calcinées est le résultat d'une véritable combinaison dans laquelle la chaux est neutralisée par la silice et l'alumine.

Comme il est prouvé d'ailleurs que tout se fait par un travail intime sans intervention de substance étrangère, que ce travail dure plusieurs années et long-temps par conséquent après la première prise, il faut en conclure l'existence d'un mouvement moléculaire dans une masse solide. Cette induction m'a été suggérée par M. Arago; et ce savant physicien m'a cité à l'appui plusieurs faits curieux qu'il ne m'appartient pas de développer ici.

---

## Sur *le Gisement du Platine.*

Par Mr J.-Bte Boussingault.

(Extrait d'une lettre adressée à M. de Humboldt, en date de Bogotà le 18 avril 1826.)

Le platine et les substances métalliques qui lui sont presque constamment associées, le palladium et l'osmiure d'iridium n'avaient été trouvés jusqu'ici que dans des *terrains de transport.* C'est dans ce gisement, pour ainsi dire accidentel, qu'on les rencontre au Choco, au Brésil, à l'Oural et à Saint-Domingue, et toutefois cette dernière localité (l'existence des grains de platine dans la vallée de Jaky) est suffisamment constatée. M. Vauquelin a reconnu

le platine, et (ce qui est très remarquable) ce métal seul, non accompagné d'osmium, d'iridium et de rhodium, dans le fahlerz argentifère des filons de Guadalcanal en Espagne; mais aucun autre échantillon platinifère de ces filons n'a été obtenu depuis et soumis à l'analyse chimique. On avait cru jusqu'à présent que le *terrain de lavage* d'or et de platine était circonscrit à la pente occidentale de la Cordillère qui sépare le bassin du Rio Cauca de ceux du Rio Atrato et du Rio San Juan. Il paraît que les *lavaderos de oro* du Choco et de Barbacoas ressemblent entièrement à ceux des environs de Popayan; cependant le platine n'a point encore été reconnu (1) dans ces derniers que j'ai eu occasion de visiter pendant mon voyage de Bogotà à Quito. J'avais pensé que l'étude des *matières concomitantes*, celle des fragmens de roche entre lesquels les grains d'or se trouvent à l'est de la Cordillère du Choco, dans la vallée de Cauca, répandrait quelque jour sur le gisement primitif du platine. J'avais été frappé, près de Quilichao et d'Allegria, dans le Curato de Quina major, de ces blocs de grünstein (diorite), mélange intime de feldspath et d'amphibole qui accompagnent le terrain aurifère, et qui appartiennent à la formation intermédiaire

---

(1) « De l'or d'Urrao, du Valle de Osos, de Porce et du Penol, on a séparé, dans la Casa de Moneda de Popayan, un peu de platine; mais comme on n'a pu le reconnaître dans les essais faits à la Monnaie de Santa-Fe, l'existence du platine dans la province d'Antioquia reste très-douteuse. » (Restrepo dans le *Semanario del Nuevo Reyno de Grenada* (1809), t. II, n° 8, p. 58.)

de *grünstein* et de *syénite* (1). C'est d'après ces observations que M. Stefens énonça que le platine avait probablement son gisement primitif dans la diorite (2). MM. Fuchs et Somoinof, dans leur description du terrain platinifère de l'Oural (entre Nischni-Tagilskoi et Kuschtymskoi), nomment aussi la diorite parmi les fragmens de roche, entre lesquels se trouvent les grains d'or et de platine (3). Ces aperçus vagues, ces suppositions d'autant plus incertaines qu'aucun minéralogiste n'a encore examiné la nature des roches sous lesquelles se trouve, au Choco, à l'ouest de la Cordillère de Cali, la couche de sables platinifères,

---

(1) *Essai géogn. sur le gisement des roches*, p. 140-141; *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne* (prem. édit.), t. II, p. 627; Tableau géognostique des Andes dans la *Relat. hist.*, t. III, p. 204; *Annales de Chimie*, t. XXIX, p. 289.

(2) *Vollst. Handbuch der Oryctognosie*, 1819, t. III, p. 10.

(3) *Gilbert, Annalen der Phys.*, 1823, t. XLV, p. 227. Sur l'histoire de la découverte du platine de l'Oural, *voyez* l'ouvrage intéressant de M. Erdmann : *Beiträge zur Kenntniss von Russland*, t. II, part. 2 (1826), p. 132. Les orpailleurs commencèrent à séparer des grains *d'or blanc* aux mines de Neiwin dès l'année 1819. On envoya ces grains, en 1822, à Jekaterinburg, mais on n'y reconnut pas le platine. Ce n'est qu'en 1823 que M. Lubarsky, professeur de chimie au corps des élèves des Mines à Saint-Pétersbourg, constata la présence du platine, de l'osmium et de l'iridium. Il ne désigne pas le palladium. (*Schtscheglew, Neue Entdezzungen*. B. I.) L'Oural a donné, l'année 1825, plus de 5600 kil. d'or.

ne pouvaient résoudre le problème du gisement primitif d'un métal qui dès sa première découverte a si vivement fixé l'attention de l'Europe. C'est au talent et à la surprenante activité de M. Boussingault, qui, depuis son arrivée à la Guayra (au mois de décembre 1822), a enrichi la chimie, la météorologie et la géographie astronomique d'un grand nombre de travaux précieux, qu'est dû seul cette découverte géognostique. Je la consignerai ici telle qu'elle est décrite dans la dernière lettre que je viens de recevoir de Bogotà. M. Boussingault se préparait au voyage de Quito qu'il devait entreprendre dans le courant de l'été, et où le terrain trachytique, la matière boueuse de la Moya de Pelileo, le boursoufflement des obsidiennes et le soufre des micaschistes quarzeux de Ticsan, seront sans doute l'objet de ses savantes et utiles recherches. La découverte de M. Boussingault se lie très-bien aux rapports géognostiques qu'offrent, sous toutes les zones, la formation de *syénite* et de *grünstein*. Les syénites de Norwège, du Groënland et d'Allemagne abondent en zircons et en fer titané; ces mêmes substances sont constamment mêlées aux sables platinifères du Choco. Les zircons semblent manquer au terrain d'alluvions platinifères du Brésil, qui paraît dû à la décomposition d'un terrain de quarz intermédiaire, mêlé de fer oligiste métalloïde; mais le Brésil offre la réunion remarquable de diamans avec le platine et le palladium. Sur le plateau de Minas-Geraes, le quarz chloriteux (*itacolumite*), atteignant plus de mille pieds d'épaisseur, et superposé, non au micaschiste, mais constamment au thonschiefer, est recouvert d'une brèche ferrugineuse (*itabirite*) extrêmement aurifère. Dans les terrains de lavage on trouve à la fois l'or, le platine, le palladium et les dia-

mans, à Corrego das Lagens; l'or et les diamans seuls, à Tejuco; le platine et les diamans seuls, au Rio Abaeté. Le schiste chloriteux décomposé, dont on retire des topazes, du disthène (cyanite), et les euclases du Brésil, appartiennent, avec l'itacolumite et l'itabirite, à un même type de formation de transition. Des diamans ont été reconnus enchâssés dans des conglomérats quarzeux et ferrugineux, qui forment de petites couches superficielles et dans l'itabirite (1). Ces analogies, bien dignes de fixer l'attention des géognostes, peuvent faire présumer qu'au Brésil, l'or, le platine, l'euclase, le disthène, le diamant et le soufre ont simultanément leur gisement primitif dans le quarz chloriteux et dans les couches qui y sont liées. Il n'y a là ni syénites à zircons, ni diorites (grünstein), roches amphiboliques qui, au Choco et à Antioquia, renferment les filons platinifères. Il me paraît très-probable que le platine de l'Amérique occidentale n'appartient pas à la même formation de roches que le platine de l'Amérique orientale. Ce fait ne peut surprendre les géognostes. Les métaux déposés par les forces élastiques qui résident dans l'intérieur de la terre, sur les parois des crevasses (filons), sont les mêmes dans les roches les plus différentes. Des filons d'argent traversent le gneis, le micaschiste, le grauwacke, le calcaire de transition et des grès secondaires; il y a plus encore, des formations très-éloignées les unes autres, selon l'ordre de leur ancienneté relative, renferment, disséminés dans leur masse entière, l'étain, l'or et le sphène.

HUMBOLDT.

---

(1) *Eschwege, Geogn. Gemälde von Brasilien;* 1822, p. 42-44.

## Lettre *de M.* Boussingault *à M.* de Humboldt.

« Je suis de retour à Bogotà, après avoir passé six mois à parcourir la province d'Antioquia. Je vous ai écrit plusieurs fois pendant mon voyage; ma dernière lettre était datée de Medellin. J'ai depuis ce temps visité les mines d'or de Santa-Rosa, qui m'ont présenté un fait bien intéressant, celui du gisement du platine.

» Santa-Rosa de Osos est situé à environ dix lieues au NE. de Medellin : c'est un grand village placé sur un plateau tellement élevé qu'il domine tout le pays environnant. J'ai trouvé, par une observation barométrique, son élévation au-dessus du niveau de la mer, de 2775 mètres (à midi barom. $=544^{mm.},23$, th. cent. $15^{\circ},5$). C'est, je crois, un des endroits habités les plus élevés de la province d'Antioquia. Une hauteur méridienne du soleil, prise le 19 décembre, m'a donné 6° 37′ 43″ pour la latitude du lieu. Pendant mon séjour, j'ai pris quelques séries de distances de la lune à Aldébaran, mais je n'ai pas encore eu le temps de les calculer.

» Le terrain de Santa-Rosa est une *syénite* décomposée qui se lie à la même roche non décomposée qui forme la belle et fertile vallée de Medellin. En se rendant de cette ville à Santa-Rosa on commence à observer cette roche dans le voisinage de San-Pedro. Son altération est fort remarquable; le feldspath est changé en kaolin, et l'amphibole a subi une modification analogue; c'est un kaolin amphibolique, si je puis m'exprimer ainsi; il est rouge, quelquefois jaune. Malgré l'état de décomposition dans lequel se trouve la *syénite* du Valle de Osos, elle est toujours en place et même

elle conserve souvent une stratification régulière. C'est dans cette roche que se trouvent toutes les mines d'or qu'on exploite près de Santa-Rosa. Quelques-unes ne sont que de simples lavages de sables; mais généralement l'or est extrait de *filons* aurifères. Ces filons existent en grand nombre dans la *syénite* altérée : ils renferment les oxides de fer hydraté (*pacos*), mélangés de quarz ou d'argile jaune appelée *azufre* par les mineurs du pays. La puissance des filons n'est ordinairement que de quelques pouces; leur direction est très-variable; le plus souvent ils sont verticaux. L'or se trouve disséminé dans les *pacos* et dans le quarz ou dans l'argile qui accompagnent ces substances. Dans toutes les mines de Santa-Rosa les travaux s'exécutent à ciel ouvert, et la méthode est la même que celle qui est suivie à Tituribi. Après avoir enlevé la terre végétale, et mis à découvert les *têtes* de filons, on fait arriver un courant d'eau très-abondant, et qui, par la pente qu'on a donnée à la surface à exploiter, traverse cette surface avec une rapidité extraordinaire. Des hommes armés de leviers en fer (*varas*) sont placés dans le courant et détachent des masses de roches qui sont aussitôt emportées par la force de l'eau; d'autres ouvriers brisent à coups de levier les plus gros morceaux, de manière à les faire entraîner plus aisément par le courant. Les débris de la roche provenant de ce travail sont portés par les eaux dans un long et étroit canal qui est pratiqué au bas du champ d'exploitation. Ce canal n'a que très-peu d'inclinaison; l'eau, à mesure qu'elle le parcourt, ralentit de plus en plus son cours, et laisse déposer la roche divisée et les grains d'or, entraînant seulement

les parties pierreuses les plus déliées. Après qu'on a fait agir le fer et l'eau pendant plusieurs jours, et qu'on a formé un *dépôt d'alluvion aurifère* dans le canal même, on procède au lavage à la manière ordinaire, avec cette différence que le *laveur* a soin de mettre de côté les fragmens d'oxide de fer (*paco*) qu'il trouve dans son auge de bois (*batea*); ces *pacos* sont unis à ceux qu'on ramasse dans le canal ou qui proviennent directement des filons. Tous sont broyés sur la pierre et lavés; la quantité d'or qu'elles donnent est considérable.

C'est dans l'or en poudre provenant d'un de ces *filons* que j'ai reconnu des *grains de platine*. Ces grains étaient semblables, par leur forme et par leur aspect, à ceux qui viennent du Choco. Ce fait du gisement du platine dans un filon de fer oxidé, me semble pouvoir jeter quelque jour sur l'origine du platine qui se rencontre dans les terrains d'alluvion, origine qui jusqu'à présent a été fort problématique.

La forme de lames arrondies que présentent les pépites de platine qui se trouvent dans les terrains de transport du Choco, a fait présumer que ce métal avait été longtemps roulé. Il est par conséquent bien remarquable que le platine de Santa-Rosa, dégagé de sa *gangue*, pour ainsi dire sous mes yeux, ait cette même forme. Au reste, l'apparence *roulée* n'est pas uniquement particulière au platine; on l'observe très-souvent sur l'or sortant des *pacos*; c'est un fait que j'ai eu fréquemment occasion de constater pendant mon séjour prolongé dans la province d'Antioquia. Lorsque j'étais dans les mines d'or de Buriticà, j'ai pu reconnaître que le terrain de *syénite* et de *grünstein porphyrique* de cette province continue

jusqu'au Choco; car en allant de Buriticà à Cañas Gordas, près la Cerro de Morrooacho, on passe l'*Alto de Toyo*, que j'ai trouvé élevé de 2696 mètres; ce plateau fait partie d'une petite Cordillère qui sépare les eaux qui vont au Cauca, de celles qui se rendent à l'Atrato. A Cañas Gordas, j'ai séjourné parmi les Indiens Chocoes. Le terrain de Cañas Gordas est le même que celui de Buriticà; c'est un *grünstein* compacte qui, près d'Antioquia, alterne avec de la *syénite* à petits grains. Dans certaines localités, ses grains prennent plus de développement, les cristaux de feldspath deviennent visibles et la roche passe au *grünstein porphyrique*. Les environs de Buriticà offrent aussi d'énormes masses de jaspes calcifères; je les crois placés dans la partie supérieure du terrain. C'est dans un de ces jaspes qu'existe une mine d'or importante, celle du Soliman, où l'on exploite une multitude de petits filons d'or. Leur *gangue* est blanche, cristalline et assez dure; c'est en grande partie du *carbonate de manganèse*. On le broie et on le lave pour en extraire l'or qu'il renferme disséminé. Je ne resterai qu'un mois à Bogotà : puis je ferai une nouvelle excursion géognostique à Quito. Je vous ai envoyé, il y a peu de temps, mon cher et respectable ami, un cahier de plantes, et pour le Musée d'Histoire naturelle, à Paris, les deux poissons appelés *Capitanes* à Bogotà et à Rio Negro (1), que vous avez décrits dans vos *Observations de Zoologie*.

BOUSSINGAULT.

---

(1) *Eremophilus Mutisii et Astroblepus Grixalvi.*

# Note *concernant les Phénomènes magnétiques auxquels le mouvement donne naissance.*

Par M. Arago.

( Les expériences et les déductions consignées dans cette Note ont été l'objet d'une communication verbale que j'ai faite à l'Académie des Sciences le lundi 3 juillet 1826. )

Le 22 novembre 1824, j'eus l'honneur d'entretenir l'Académie de quelques expériences dont je m'étais occupé il y avait près de deux ans, concernant une action particulière et fort intense que tous les corps de la nature exercent sur une aiguille aimantée en mouvement. Plusieurs physiciens anglais, suisses, italiens, ont, depuis ce temps-là, étudié les mêmes phénomènes et confirmé, en général, mes résultats : je viens, cependant, de trouver, dans le N° de la *Bibliothèque universelle* de janvier 1826, un Mémoire de MM. Léopold Nobili et Bacelli, de Modène, qui renferme diverses expériences en opposition directe avec quelques-unes des miennes; le mérite reconnu de ces savans m'impose le devoir de ne pas laisser leurs assertions sans réponse.

« MM. Nobili et Bacelli ont fait osciller, disent-ils, des » aiguilles aimantées au-dessus de substances *non métal-* » *liques*..... sans trouver de différence appréciable entre » les oscillations que faisaient les aiguilles au-dessus des dis- » ques et hors de leur influence » (p. 48).

Si les physiciens de Modène avaient donné la distance qui séparait leur aiguille du plateau *non métallique*, et le nombre d'oscillations qu'ils ont comptées, je pourrais peut-être assigner la cause de l'erreur dans laquelle ils sont tombés; tout ce que je puis faire aujourd'hui, c'est d'opposer à leur dénégation des mesures exactes, et d'indiquer les circons-

tances dans lesquelles on les a obtenues; le paragraphe qui suit est extrait de mon journal :

Je suspens une aiguille aimantée, horizontalement *sur de l'eau*, et je l'écarte de 53° de sa position naturelle; abandonnée ensuite à elle-même, cette aiguille oscille de part et d'autre du méridien magnétique, dans des arcs de moins en moins étendus; je cherche à saisir le moment où la demi-amplitude n'est plus que de 43°, et je compte combien il y a eu d'oscillations depuis le départ.

Quand la distance de la face inférieure de l'aiguille *à l'eau* est de $0^{mil.},65$, il se perd 10° en..... 30 oscillations.
à $52^{mil.},2$ de distance, il faut, pour la même perte... 60

On ne peut pas se tromper sur une semblable différence. J'ajoute qu'elle serait plus grande encore si l'amplitude au départ avait été de 90°. Voici les résultats que la même aiguille a donnés en la plaçant *sur de la glace* (*eau gelée*) :

De 53° à 43°, à $0^{mil.},70$ de distance... 26 oscillations.
De 53° à 43°, à $1^{mil.},26$ de dist..... 34 oscill.
De 53° à 43°, à $30^{mil.},5$ de dist..... 56 oscill.
De 53° à 43°, à $52^{mil.},2$ de dist..... 60 oscill.

*Sur un plan de verre* (crown-glass), *avec une autre aiguille :*

De 90° à 41°, à 0,91 mill. de distance, il s'écoule 122 oscillat.
De 90° à 41°, à 0,99 ..... 180
De 90° à 41°, à 3,04..... 208
De 90° à 41°, à 4,01..... 220

Ainsi, loin que les effets magnétiques des substances non métalliques, telles que l'eau, la glace, le verre, etc., soient inappréciables, comme l'annoncent à tort MM. Nobili et Bacelli, on voit qu'ils ont assez d'intensité pour qu'on doive espérer qu'en faisant l'expérience avec tous les soins conve-

nables, on pourra rendre sensible même l'action des gaz comprimés.

« Il suit, disent MM. Nobili et Bacelli, pag. 52 et 53, des » expériences de Coulomb, que *toutes les substances* donnent quelques signes de magnétisme; cela tendrait à faire » croire que, pour découvrir dans les corps les plus faibles » traces de magnétisme, la méthode de ce physicien doit » être préférée à celle de M. Arago, comme plus sûre. »

J'observe, 1°. que Coulomb n'avait étendu ses essais à aucun liquide; que même sa méthode ne le lui eût pas permis; que dès-lors le procédé dont je me suis servi pour mettre en évidence les propriétés magnétiques de l'eau, a une utilité, un caractère tout particuliers : 2°. que les traces de magnétisme aperçues par ce célèbre physicien, étaient si faibles qu'on pouvait les attribuer, comme lui-même l'a reconnu, à la présence de quelques particules ferrugineuses dont l'analyse chimique la plus exacte ne manifesterait pas l'existence. Je dois maintenant ajouter que mes expériences n'ont aucun rapport avec le travail de Coulomb : les vertus magnétiques qu'elles manifestent sont d'une tout autre nature que celles qu'on mesure en faisant osciller des aiguilles entre deux barreaux aimantés. Quelques nouveaux faits, que je rapporterai bientôt, ne laisseront, je pense, aucun doute à cet égard; je dirai seulement ici que MM. Nobili et Bacelli auraient pu le reconnaître eux-mêmes, d'après leurs propres expériences. Voici, en effet, les valeurs des déviations produites par des disques de différente nature tournant avec la même vitesse au-dessous d'une aiguille aimantée horizontale, telles qu'on les trouve dans le Mémoire des physiciens de Modène :

Le disque de cuivre produit 55° de déviation.
Le zinc..... 14°
Le laiton..... 11°
L'étain..... 10°
Le plomb..... 8°

L'ordre d'intensités magnétiques, résultant des observations de Coulomb, serait, en allant aussi du grand au petit :

Plomb, étain, argent, cuivre et or;

c'est précisément *l'inverse* de ce que donnent les expériences de déviation.

Tous les physiciens, en y comprenant MM. Nobili et Bacelli, qui se sont occupés des phénomènes auxquels le magnétisme des corps en mouvement donne naissance, les expliquent à fort peu près de la même manière : Si une aiguille, disent-ils, est suspendue horizontalement sur un plateau métallique indéfini, il doit se former sous chaque pôle de l'aiguille, sous le pôle nord, par exemple, un pôle de nom contraire ou attractif, provenant de la décomposition du fluide neutre du plateau. Quand ensuite ce plateau tournant sur lui-même, le pôle attractif est entraîné dans le sens de la rotation, un nouveau pôle semblable se forme sous l'aiguille, pour être aussi entraîné à son tour, et ainsi de suite. Supposons, maintenant, que ces pôles par influence naissent presque instantanément et qu'ils aient besoin de quelque temps pour disparaître; l'aiguille sera alors précédée d'une série de pôles tous attractifs, et qui la dévieront de sa position ordinaire dans le sens du mouvement du plateau.

Cette explication (1) s'était aussi présentée à mon esprit quand je communiquai, pour la première fois, les expériences de rotation à l'Académie; je n'en fis cependant aucune mention : une hypothèse qui ne rendait compte que du *sens* du déplacement de l'aiguille, ne me paraissait pas reposer sur des fondemens suffisamment solides. Ce qu'il fallait surtout

(1) C'est un jeune professeur de Paris, M. *Duhamel*, qui l'a, je crois, donnée le premier. Sa lettre à l'Académie a été lue le lundi 27 décembre 1824, et imprimée par extrait dans quelques journaux du surlendemain.

prouver, à mon avis, c'est qu'un plateau de cuivre, qui, dans l'état de repos, dévie à peine une aiguille aimantée d'une seule seconde, peut, par le seul fait de son mouvement et à la même distance, l'entraîner de 90° et plus; j'avouerai franchement que cette preuve, je ne l'avais pas trouvée. Au reste, j'ai tout lieu aujourd'hui de m'applaudir de ma réserve : de nouveaux essais m'ont en effet montré que l'hypothèse en question est, je ne dis pas seulement insuffisante, mais de plus directement contraire aux résultats de l'expérience ; en voici la démonstration en peu de mots :

Les pôles sud que le pôle nord de l'aiguille sème, pour ainsi dire, suivant la théorie de MM. Herschel, Babbage, Nobili, Prévost, etc., sur le contour d'un plateau de cuivre tournant, doivent évidemment, par leur action combinée, attirer ce pôle nord et tendre à le rapprocher du plateau; je me suis assuré, au contraire, que la composante, perpendiculaire au plateau, de toutes les forces auxquelles son mouvement donne naissance, *est une force répulsive!* En effet, qu'on suspende, à l'aide d'un fil, un aimant fort long, dans une direction verticale, au fléau d'une balance; qu'on l'équilibre à l'aide de poids d'une nature quelconque, placés du côté opposé; si l'on fait ensuite tourner un plateau de cuivre sous l'aimant, l'équilibre ne subsistera plus; l'aimant semblera être devenu plus léger; il se soulèvera : le plateau, enfin, *le repoussera.*

L'expérience peut se faire plus aisément encore à l'aide d'une aiguille d'inclinaison. Quand le plan d'une telle aiguille est exactement dirigé vers le centre du disque tournant que je suppose toujours horizontal, si l'aiguille est horizontale elle-même, tout mouvement de rotation autour de l'axe qui la traverse, ne peut évidemment résulter que d'une force perpendiculaire au disque : or, si nous supposons qu'un seul des pôles de l'aiguille corresponde verticalement au plateau, nous trouverons, comme dans l'expérience de l'aimant

vertical suspendu, que pendant le mouvement de rotation ce pôle est constamment soulevé.

L'action qu'un disque métallique, circulaire, horizontal et tournant sur son centre, exerce sur l'un des pôles d'une aiguille aimantée, peut être décomposée en trois forces : la première, verticale ou perpendiculaire au disque; la seconde, horizontale et perpendiculaire au plan vertical qui contient le rayon aboutissant à la projection du pôle de l'aiguille; la troisième, dirigée parallèlement au même rayon. La première est répulsive, comme on vient de voir; la seconde est la force tangentielle qui donne le mouvement de rotation aux aiguilles horizontales; on peut étudier les propriétés de la troisième en se servant d'une aiguille d'inclinaison, placée verticalement et de manière que son axe de rotation soit contenu dans un plan perpendiculaire à l'un des rayons du disque : dans cette position, l'aiguille ne se mouvra qu'en vertu de la composante dirigée vers le centre.

Concevons qu'une semblable aiguille corresponde verticalement au centre du disque tournant; le mouvement de rotation, comme de raison, ne la déviera pas. Il existe un second point, plus voisin du bord que du centre, et dans lequel la verticalité de l'aiguille se conserve aussi. Entre ces deux points, le pôle inférieur est constamment *attiré* vers le centre, quelle que soit la vitesse de rotation; plus loin, il est *repoussé*. L'action est encore sensible et répulsive, quand la direction verticale de l'aiguille prolongée est déjà au-delà du contour circulaire du disque. Je pourrais demander comment cette force répulsive, dirigée suivant le rayon, se déduirait de l'action des pôles attractifs distribués sur la face supérieure du métal, si je n'avais déjà prouvé l'insuffisance de cette théorie, par le seul fait de l'existence d'une force répulsive perpendiculaire au disque tournant (1).

---

(1) Je rapporterai, dans un Mémoire détaillé que je prépare, les expé-

Ceux qui reconnaissent un nouveau fait, dans les sciences d'observation, doivent s'attendre qu'on le niera d'abord; que plus tard son importance, son utilité seront contestées; viendra ensuite le chapitre de la priorité; alors des passages insignifians, obscurs, inaperçus jusque-là, arriveront en foule comme des preuves manifestes de l'ancienneté de la découverte. Je m'étais flatté, pour ma part, d'échapper à ce dernier débat, et cela, bien moins à cause du soin avec lequel j'avais cherché, dans les ouvrages des physiciens, les observations qui pouvaient se rattacher à mes expériences, qu'en songeant à la distinction flatteuse que la Société Royale de Londres avait daigné leur accorder. Je me trompais cependant : M. Brewster, d'Edinburgh, vient de me l'apprendre; voici ce que je lis dans le N° VII de son Journal : « Peu » de branches des sciences modernes doivent exciter un plus » vif intérêt que celle qui traite de l'influence de la rotation » sur les phénomènes magnétiques. Nous sommes fiers » (*proud*) de penser que cette découverte remarquable a été » faite premièrement dans notre propre pays; et qu'à l'ex- » ception d'un petit nombre d'importantes expériences faites » en France, elle a été exclusivement suivie par les membres » de la Société Royale. » (1).

La décision, comme on voit, est claire, positive, tran-

---

riences très-simples d'où j'ai déduit, pour diverses distances du pôle d'une aiguille à la surface du plateau et à son centre de rotation, comme aussi pour divers plateaux, les rapports d'intensité de ces différentes forces; je voulais seulement, aujourd'hui, montrer tout le parti que j'ai tiré depuis long-temps de l'aiguille d'inclinaison dans l'étude de ces singuliers phénomènes.

(1) L'article d'où j'extrais ce passage, à en croire le titre, aurait été communiqué à l'éditeur par un correspondant; je pense toutefois pouvoir l'attribuer à M. Brewster, parce qu'il n'est pas signé, parce que ce savant lui-même insinue, dans un N° suivant du Journal, avoir concouru à sa rédaction, enfin, parce qu'il a renchéri sur ce qu'il renferme d'inexact dans un second article dont je parlerai bientôt.

chante. Ce genre de mérite se trouve souvent dans les écrits du Dr Brewster ; quant à l'exatitude et à la vérité, on les y remarque moins fréquemment. Je crois toutefois que le savant Ecossais n'en avait jamais fait abstraction d'une manière plus formelle que dans le passage qu'on vient de lire: quelques dates vont le prouver.

*Le* 22 *novembre* 1824, je communiquai à l'Académie des Sciences, les expériences relatives à l'influence qu'un corps métallique ou de toute autre nature *en repos*, exerce sur les aiguilles aimantées *qui oscillent* à peu de distance de sa surface. Cette expérience fut consignée les 23 et 24 novembre, dans la plupart des Gazettes de la capitale. M. Brewster l'a rapportée lui-même, *d'après une lettre de Paris*, dans le numéro de son Journal qui a paru le 1er janvier 1825.

Le passage suivant est extrait du procès-verbal de l'Académie, *du lundi* 7 *mars;* il a été publié presque textuellement dans plusieurs Journaux du 9 et du 10.

« M. Arago met sous les yeux de l'Académie un appareil (c'était une pendule toute en cuivre), qui montre *sous une forme nouvelle* l'action que les corps aimantés et ceux qui ne le sont pas exercent les uns sur les autres.

» Dans ses premières expériences, M. Arago avait prouvé qu'une plaque de cuivre ou de toute autre substance solide ou liquide, placée au-dessous d'une aiguille aimantée, exerce sur cette aiguille une action qui a pour effet immédiat d'altérer l'amplitude des oscillations. Le phénomène dont il a entretenu aujourd'hui l'Académie est l'inverse du précédent ; puisqu'une aiguille en mouvement est arrêtée par une plaque en repos, M. Arago a pensé qu'il s'ensuivait qu'une aiguille en repos serait entraînée par une plaque en mouvement : Si l'on fait tourner, en effet, une plaque, etc., etc. »

L'expérience de la rotation n'est donc que celle du 22 novembre sous une forme nouvelle; elle s'en déduit par ce

principe de mécanique, admis généralement, que la réaction est égale à l'action. La rotation sert à étudier les phénomènes toutes les fois qu'on a besoin de très-grandes vitesses; les oscillations s'emploient de préférence quand il faut opérer sur des liquides ou sur des poussières. Les conséquences d'ailleurs sont les mêmes dans les deux cas. Passons maintenant aux dates des Mémoires anglais.

M. Barlow a *déposé*, à la Société Royale, son Mémoire sur la modification qu'éprouve le magnétisme d'une *sphère* de fer en rotation, *le* 14 *avril* 1825; ce Mémoire n'a été lu que *le* 5 *mai*.

La lecture du Mémoire de M. Christie est *du* 12 *mai* 1825.

Le Mémoire de MM. Babbage et Herschel, dont M. Brewster n'a sans doute pas entendu parler dans sa Note, puisque les auteurs ont eu la bonté de l'intituler : *Répétition des Expériences de M. Arago*, est du 16 juin 1825.

Le savant Ecossais n'a donc plus qu'un moyen d'établir la priorité dont il gratifie si bénévolement ses compatriotes : c'est de prouver que le 22 novembre 1824 et le 7 mars suivant, sont *postérieurs* aux 5 et 12 mai 1825.

M. Barlow annonce avoir *commencé* ses expériences sur les effets de la rotation d'une *sphère de fer*, dans le mois de *décembre* 1824; décembre vient après novembre, ainsi je n'ai personnellement aucun intérêt à contester cette date; je maintiendrai seulement, en thèse générale, qu'une publication, par quelque voie que ce soit, est le seul titre qu'on doive admettre dans l'histoire des sciences, quoique je me prive par là de l'avantage de prouver que les résultats dont il est question dans cette note, avaient été communiqués à un grand nombre de savans Français et *Anglais*, près de deux ans avant que j'en parlasse à l'Académie. Du reste, ce

mois de décembre, indiqué par M. Barlow lui-même dans tout ce qu'il a écrit, comme l'époque où ses expériences ont *commencé*, ne convient déjà plus à M. Brewster ; voici, en effet, ce qu'on lit dans le N°. VIII de son Journal, publié en avril 1826.

« VERS (*about*) le mois *de novembre* 1824, l'expérience » de M. Barlow dans laquelle *il produisait* une certaine dé- » viation de l'aiguille magnétique, par l'influence d'une » sphère de fer tournant sur elle-même, devint l'objet de » la conversation à la Société Royale, etc. »

M. Barlow a *dit* qu'il n'avait commencé à s'occuper des phénomènes produits par la rotation du fer qu'en décembre, et c'est vraiment fâcheux, puisque novembre est la date de ma première publication ! Comment échapper à cette difficulté ? Le problême paraissait embarrassant ; on voit cependant que M. Brewster l'a résolu d'une manière très-ingénieuse : il lui a suffi, pour cela, d'oublier que le dernier mois de l'année avait un nom ; décembre est décidément un mot qu'il n'écrira plus jamais ; à quoi bon en effet ? Les dates qui se rapportent à ce mois ne sont-elles pas plus *convenablement* définies par cette formule : *Vers* (about) *le mois de novembre ?*

Je suis vraiment peiné de voir un savant du mérite de M. Brewster descendre à de si misérables expédiens. Emporté par une aveugle passion qu'il décore peut-être du nom d'esprit national, il n'a pas même remarqué que, dans cette circonstance, les erreurs volontaires auxquelles il souscrit et qu'il cherche à propager, ne le conduiraient pas à son but. Si quelque chose, en effet, peut justifier l'insigne faveur dont mes expériences ont été l'objet à la Société Royale de Londres, c'est la preuve qu'elles fournissent de l'immense agrandissement qu'éprouvent les propriétés magnétiques des corps, soit quand ils se meuvent sous une aiguille en repos, soit quand

une aiguille oscille à une petite distance de leur surface : or, cette conséquence ne découle en aucune manière du travail de M. Barlow (1). Afin de vivre en paix avec M. Brewster, je consens donc volontiers à lui voir imprimer désormais, contre l'évidence des faits, que les expériences du professeur de Woolwich ont été commencées VERS *le mois de novembre*, et même, pour peu qu'il le désire, VERS le mois d'*octobre*.

---

## NOUVELLE FORMATION *d'Acide sulfurique anhydre.*

QUAND on distille de l'acide sulfurique, dit M. Gmelin, qu'on change le récipient au moment où il se remplit de vapeurs opaques, et qu'on couvre le nouveau de glace, on y recueille de l'acide sulfurique anhydre qui se dépose en cristaux sur les parois, et de l'acide liquide moins dense que celui qui reste dans la cornue. Il paraît que pendant la distillation l'acide sulfurique se partage en deux parties, dont l'une cède son eau à l'autre.

---

(1) Voici, textuellement, la conséquence que M. Barlow a déduite de ses expériences :

« Quand on imprime un mouvement de rotation rapide à une masse » de fer, autour d'une ligne qui ne coïncide pas avec l'axe magnétique » (produit par l'influence de la terre), il en résulte un dérangement » temporaire dans les facultés magnétiques de la masse, équivalent à ce » qu'amènerait un nouvel axe de polarisation perpendiculaire au plan » passant par l'axe primitif et par celui de rotation. » (*Trans. philos.*, p. 326.) La formation du nouvel axe provient « de ce que le fer, à » cause de sa force coërcitive, conserve jusqu'à un certain degré les pôles » par influence que la terre lui a communiqués, etc. » (p. 323). L'expérience, comme on voit, est sous une forme mieux adaptée aux mesures, celle des physiciens qui après avoir dévié une aiguille horizontale à l'aide d'une barre de fer verticale, essayaient si après un *retournement subit* de la barre, la déviation s'effectuerait encore au premier moment dans le même sens.

---

# OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES. *Juin* 1826.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 751,84 | +19,7 | 82 | 751,94 | +21.2 | 74 | 751,48 | +21,7 | 71 | 752.03 | +14,5 | 99 | +21,7 | +14,0 | Très-couvert. | S. O. |
| 2 | 758,22 | +16,3 | 89 | 753,70 | +20,4 | 74 | 753,80 | +20,5 | 73 | 755,47 | +15,8 | 98 | +20,0 | +13,3 | Couvert. | O. S. O. |
| 3 | 758,16 | +16,6 | 86 | 759,34 | +18,6 | 77 | 759,50 | +18,0 | 78 | 761,53 | +15,2 | 80 | +18,6 | +14,0 | Couvert. | N. N. O. |
| 4 | 763,30 | +18,3 | 60 | 763,13 | +20,5 | 54 | 762 30 | +20 8 | 50 | 762,40 | +14,7 | 86 | +20,8 | + 9,5 | Nuageux. | N N. O. |
| 5 | 763,26 | +17,2 | 80 | 762,72 | +21,2 | 60 | 762,70 | +20,6 | 73 | 763,96 | +13,2 | 77 | +21,2 | +10,5 | Très-nuageux. | N. |
| 6 | 764,27 | +16,8 | 77 | 763.60 | +17,9 | 65 | 762,74 | +19,4 | 60 | 762,23 | +16,5 | 79 | +19,4 | +10,2 | Nuageux. | N. N. E |
| 7 | 760,40 | +16,0 | 90 | 760,40 | +15,2 | 91 | 760,17 | +17,1 | 82 | 760,44 | +14,2 | 81 | +18,2 | +13,2 | Couvert. | N. N. E. |
| 8 | 759,84 | +14,5 | 92 | 759,00 | +18,8 | 64 | 758,17 | +17,3 | 65 | 755,98 | +12,5 | 69 | +18,8 | +10,3 | Très-nuageux. | E. N. E. |
| 9 | 753,85 | +17,5 | 83 | 754,17 | +21,0 | 72 | 753,74 | +19,2 | 63 | 754,10 | +16,2 | 79 | +21,0 | +13,2 | Quelques éclaircies. | S. E. |
| 10 | 754,68 | +21,3 | 70 | 754,54 | +25,6 | 55 | 754 64 | +20,6 | 70 | 755,32 | +16,0 | 97 | +25,6 | +10,5 | Couvert. | S. S. E. |
| 11 | 757 40 | +23,4 | 70 | 757,42 | +26,7 | 62 | 755,40 | +24,2 | 60 | 759,00 | +18,7 | 92 | +27,5 | +15,5 | Eclaircies. | S. |
| 12 | 762,27 | +22,8 | 66 | 762,35 | +25,0 | 63 | 761,75 | +25,1 | 62 | 762,34 | +20,0 | 81 | +25,5 | +14.5 | Nuageux. | N. N E. |
| 13 | 763,10 | +21,2 | 65 | 762,56 | +23,5 | 62 | 761,87 | +24,7 | 58 | 762,38 | +19 6 | 82 | +24,7 | +15,2 | Quelques pet. nuag. | N. N. E. |
| 14 | 762,78 | +22,0 | 72 | 762,50 | +25,3 | 66 | 761,70 | +23,8 | 67 | 762 97 | +18,8 | 94 | +25,3 | +15,3 | Nuageux. | O N. O. |
| 15 | 763,20 | +18,5 | 90 | 762,10 | +23,0 | 75 | 760.98 | +24,0 | 65 | 76[illegible],18 | +17,6 | 85 | +24,0 | +13,7 | Nuageux | O. |
| 16 | 761,34 | +17,8 | 72 | 762,28 | +19,3 | 59 | 762,68 | +20,0 | 52 | 764,80 | +13,6 | 67 | +20,0 | +13,6 | Nuageux. | N. E. |
| 17 | 765,73 | +14,7 | 67 | 766,30 | +17,5 | 64 | 765,52 | +15,5 | 62 | 765,08 | +16 2 | 74 | +19,5 | + 8,7 | Très-nuageux. | N. N. E. |
| 18 | 763,70 | +19 8 | 85 | 763,44 | +22,9 | 59 | 763,10 | +23 8 | 69 | 763,47 | +20,3 | 80 | +23 8 | +14,5 | Très-nuageux. | N. |
| 19 | 764,37 | +20,2 | 74 | 764,53 | +21,5 | 61 | 763,92 | +21,9 | 58 | 765,30 | +19,5 | 72 | +21,9 | +15,7 | Quelq. pet. éclaire. | N. E. |
| 20 | 766,66 | +16,1 | 67 | 765,84 | +17,8 | 61 | 764,82 | +18,8 | 59 | 764.84 | +14,5 | 70 | +18,8 | + 9,8 | Nuageux. | N. E. |
| 21 | 764,40 | +15,9 | 74 | 763,70 | +19,0 | 49 | 762,90 | +20,0 | 50 | 763,03 | +16,7 | 67 | +20,0 | +10,0 | Nuageux. | N. E. |
| 22 | 763,09 | +18,0 | 73 | 762,60 | +20,8 | 57 | 761,75 | +22 0 | 55 | 762 10 | +17,4 | 50 | +22 0 | +11,9 | Petits nuages. | N. |
| 23 | 762,94 | +22,0 | 67 | 762,72 | +24,2 | 56 | 762,06 | +24,1 | 53 | 763,82 | +20 2 | 69 | +24,5 | +13,1 | Nuages. | N. E. |
| 24 | 763,80 | +22,8 | 64 | 763,25 | +24,8 | 59 | 762,42 | +26,3 | 54 | 762 50 | +22,0 | 62 | +25,3 | +15,5 | Beau. | N. E. |
| 25 | 763,20 | +26,5 | 60 | 762,80 | +27,7 | 53 | 761 90 | +28,7 | 46 | 761 40 | +22,7 | 65 | +28,9 | +16,0 | Beau. | E. S. E. |
| 26 | 760,94 | +28,1 | 62 | 760,24 | +30,8 | 53 | 759,20 | +30,0 | 51 | 758,15 | +24,3 | 64 | +30,8 | +16,5 | Nuageux. | S. E |
| 27 | 756,96 | +29,0 | 60 | 756,58 | +32,5 | 53 | 755,70 | +31,7 | 49 | 756,83 | +23,7 | 69 | +33,1 | +17.5 | Légers nuages. | S. S. E. |
| 28 | 758,46 | +28,8 | 62 | 759,10 | +20,5 | 68 | 759,08 | +30,5 | 61 | 760,93 | + 2,8 | 90 | +32,5 | +19 5 | Nuageux. | S. O. |
| 29 | 762,57 | +25,0 | 64 | 762,04 | +28,1 | 62 | 761,34 | +29.2 | 54 | 761,40 | +22,5 | 83 | +29 5 | +16,5 | Nuages et vapeurs. | S. O. |
| 30 | 761 42 | +24,8 | 73 | 760 45 | +30,0 | 64 | 759,68 | +31,0 | 58 | 759,38 | +26,5 | 74 | +31,0 | +17,1 | Légers nuages. | N. N. E. |
| 1 | 758,80 | +17,4 | 81 | 758,25 | +20,0 | 69 | 757.92 | +19,5 | 69 | 758,35 | +14,9 | 87 | +20,6 | +11,9 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie en centim. |
| 2 | 763,10 | +19,6 | 73 | 762 93 | +22,7 | 65 | 762,37 | +22,5 | 61 | 763,05 | +17 9 | 80 | +23,1 | +13,6 | Moyenn. du 11 au 20 | Cour, 2,285 |
| 3 | 761,78 | +24,1 | 66 | 761,36 | +26,7 | 57 | 760 65 | +27.4 | 54 | 760 96 | +21,9 | 69 | +27,9 | +15,5 | Moyenn. du 21 au 30 | Terrasse, 2,215 |
| | 761,22 | +20,4 | 73 | 760,85 | +23,2 | 64 | 760,30 | +23.1 | 61 | 760,78 | +18,2 | 79 | +23,8 | +13,7 | Moyennes du mois, + 18°,8. | |

# Mémoire *sur la Théorie du Magnétisme en mouvement.*

Par M. Poisson.

( Lu à l'Académie royale des Sciences le 10 juillet 1826. )

Dans les deux Mémoires sur le magnétisme que j'ai lus précédemment à l'Académie, j'ai considéré l'action des corps aimantés par influence, lorsque les fluides boréal et austral sont parvenus dans leur intérieur à l'état d'équilibre. Je me propose maintenant d'étendre au cas du mouvement, la théorie que j'ai exposée en détail dans le premier de ces Mémoires; théorie qui attribue les phénomènes magnétiques à deux fluides impondérables, contenus l'un et l'autre en égale quantité dans les corps susceptibles d'aimantation, dont les particules n'éprouvent jamais que de très-petits déplacemens et sont soumises à une action mutuelle en raison inverse du carré des distances, répulsive entre celles d'un même fluide et attractive entre les molécules de l'un des fluides et celles de l'autre.

Coulomb avait pensé que tous les corps peuvent donner des signes de magnétisme, et que cette propriété ne provenait pas d'une petite proportion de fer qui entrerait dans leur composition. Cette opinion se trouve aujourd'hui confirmée par les expériences de M. Arago, qui ont fait voir que les métaux, l'eau, le verre, le bois, etc., agissent sur l'aiguille aimantée quand ils sont en mouvement, ou quand l'aiguille oscille dans leur voisinage. Mais ce que cette découverte

a, ce me semble, de plus important, c'est qu'elle nous apprend que le magnétisme agit dans les corps en mouvement avec une intensité et suivant des lois très-différentes de ce qui a lieu dans les corps en repos. Cette différence d'action a aussi été remarquée par M. P. Barlow, mais dans le fer seulement, et non pas dans des substances comme le cuivre, par exemple, où le magnétisme est à peine sensible dans l'état de repos, et où il se montre cependant avec le plus d'intensité dans l'état de mouvement. C'est à l'occasion de ces expériences que j'ai entrepris le travail dont je vais faire connaître les résultats, après avoir rappelé en peu de mots ceux que nous devons à l'observation dans cette matière entièrement nouvelle.

M. Arago a remarqué, il y a environ quatre ans, que quand une aiguille de boussole oscille près d'une masse de cuivre, elle éprouve une sorte de résistance indépendante de celle de l'air, qui anéantit bientôt ses vibrations sans influer, ou du moins en influant très-peu sur leur durée. Si les pôles de l'aiguille sont suffisamment rapprochés du cuivre, la diminution successive des amplitudes peut être telle que l'aiguille ne fasse que trois ou quatre oscillations d'une étendue sensible avant de revenir au repos, tandis qu'on en pourrait compter trois ou quatre cents, s'il n'y avait d'autre résistance que celle de l'air. M. Arago a reconnu à des degrés différens, le même genre d'influence dans les autres métaux, et dans toutes les substances qu'il a soumises à ses observations. Il a fait ensuite la même expérience en sens inverse; et c'est sous cette forme que notre confrère l'a répétée sous les yeux de l'Académie,

dans la séance du 7 mars de l'an dernier. On place l'aiguille de boussole au-dessus d'une plaque de cuivre horizontale, circulaire et d'une épaisseur constante, que l'on fait tourner uniformément autour d'un axe vertical, passant par son centre et le point de suspension de l'aiguille. Dès que le mouvement commence, l'aiguille est entraînée dans le sens de la rotation. Si la vitesse de la plaque n'est pas trop considérable, l'aiguille parvient, après un temps très-court, à une position stationnaire, dans laquelle l'action quelconque de la plaque fait équilibre à l'action magnétique de la terre, qui tend à ramener l'aiguille au méridien : l'angle dont elle s'en écarte dans cette position dépend de la distance de l'aiguille, de sa longueur et de l'intensité magnétique de ses pôles, de la vitesse et de l'épaisseur de la plaque : il augmente avec cette vitesse jusqu'à ce que l'action de la plaque tournante ne pouvant plus être balancée par celle de la terre, l'aiguille tourne sans s'arrêter dans le même sens que la plaque. Les mêmes phénomènes ont lieu, mais à un degré moindre, lorsqu'on remplace le cuivre par d'autres matières ; ils diminuent dans un très-grand rapport, lorsque la continuité de la plaque tournante est interrompue par un assez petit nombre de traits qui vont de son centre à sa circonférence, et disparaissent presque entièrement si la plaque est remplacée par de la poussière ou de minces copeaux de la même matière. Tels étaient les résultats relatifs à l'objet dont nous parlons, publiés par M. Arago avant notre dernière séance, dans laquelle il a donné verbalement des détails concernant l'action d'une plaque tournante dans le sens normal à sa surface.

De son côté, M. P. Barlow a observé qu'une sphère de fer fondu, de huit pouces anglais de diamètre, à laquelle il avait communiqué une vitesse de rotation de 720 tours par minute, fait dévier l'aiguille aimantée, de la direction qu'elle aurait prise pendant que la sphère était en repos (1); de sorte que l'action de la sphère, aimantée par l'influence du magnétisme terrestre, et par conséquent son état magnétique, ne sont pas les mêmes dans l'état de repos et quand elle est en mouvement. Nous reviendrons bientôt sur cette expérience, dont il ne faut pas confondre le résultat avec celui qui serait dû à l'action d'un aimant à pôle fixe, tournant avec une grande rapidité : une sphère d'acier, par exemple, que l'on aurait mise, par les procédés ordinaires, dans un état particulier d'aimantation, et qui serait en repos, agirait sur l'aiguille aimantée; mais quand elle tournerait très-rapidement sur elle-même, les actions de tous ses points se neutraliseraient, et l'aiguille reviendrait à sa direction naturelle, ou du moins elle ne s'en écarterait qu'en faisant de petites vibrations périodiques, dont les amplitudes diminueraient à mesure que la sphère tournerait plus vite, et seraient sans doute insensibles si on lui imprimait l'énorme vitesse dont M. P. Barlow a fait usage.

Les expériences de M. Arago ont été répétées en Angleterre, et présentées de différentes manières, soit par M. Christie, soit par MM. Herschell et Babage. Ces derniers, en vérifiant l'effet singulier de la discontinuité de la plaque tournante, ont observé un autre

---

(1) *Transactions philosophiques*, année 1825, 2e partie.

effet, non moins digne d'attention : ils ont reconnu que si l'on rétablit la continuité de la plaque en remplissant les intervalles vides que l'on y a pratiqués, au moyen d'un métal dont l'influence magnétique dans l'état de mouvement soit très-inférieure à celle du métal de la plaque, cela suffit néanmoins pour que cette plaque hétérogène reprenne à-peu-près toute l'énergie magnétique qui lui était propre avant qu'on l'eût rendue discontinue.

Dès que l'action d'une plaque tournante sur l'aiguille aimantée, ou d'une plaque immobile sur l'aiguille en mouvement, a été connue, on a cherché à en donner l'explication. On a cru y parvenir en supposant que chaque pôle de l'aiguille donne naissance à un pôle de nom contraire, qui se déplace à la surface de la plaque, et qui se fait et se défait avec une grande vitesse, moindre pourtant pendant qu'il se défait que pendant sa formation. De cette dernière circonstance, il résulterait que les parties de la plaque qui sont en avant de l'aiguille dans le sens du mouvement, et celles qui sont en arrière, exerceraient des actions inégales; et en vertu de cette inégalité, l'aiguille se trouverait entraînée par le mouvement de la plaque, ou retardée dans son mouvement propre, conformément à l'observation. Mais comment pourrait-il arriver que la différence d'action des deux parties d'une plaque de cuivre produirait parallèlement à sa surface des effets aussi grands que ceux que l'on observe, tandis que son action totale ne donnerait lieu, dans le sens normal, qu'à des effets presqu'insensibles dans l'état de repos? Ajoutons en outre que dans les deux états de repos et de mou-

vement, l'action normale de la plaque serait nécessairement attractive, et qu'au contraire l'expérience a prouvé qu'elle est répulsive dans le cas du mouvement. Ces observations nous montrent toute l'insuffisance de l'explication dont nous parlons, et nous dispensent de l'examiner davantage. Si l'on veut se rendre raison de la différence d'action du magnétisme dans les deux états de mouvement et de repos, il est nécessaire de remonter, comme nous allons le faire, aux premiers principes de la théorie qui sert de base à nos précédens Mémoires.

Les deux fluides auxquels on attribue les phénomènes magnétiques sont, ainsi que les fluides électriques, des substances impondérables, ou d'une densité si faible que leur présence n'ajoute rien d'appréciable au poids ni à la masse des corps dont elles font partie. On les regarde cependant comme des substances matérielles, soumises aux lois générales de l'équilibre et du mouvement, et capables d'exercer sur les corps, en vertu de l'action mutuelle de leurs particules, des pressions que l'on mesure par des poids comme celles des fluides pesans, et qui mettent les corps en mouvement quand elles ne se détruisent pas par leurs tendances en sens opposés. La loi de l'attraction et de la répulsion de leurs particules est la même dans les deux sortes de fluides, entre lesquels il n'existe jusque-là aucune différence. Ce qui les distingue essentiellement consiste en ce que les fluides résineux et vitreux se meuvent librement dans les corps conducteurs de l'électricité, et passent de l'un dans l'autre, en tout ou en partie, tandis que si l'on met en contact plusieurs corps aimantés par in-

fluence, chacun de ces aimans, non plus qu'aucune de leurs parties d'une étendue appréciable, n'acquiert ni ne perd rien, quelque grandes que soient les forces extérieures qui produisent la séparation des fluides boréal et austral dans leur intérieur; d'où l'on a conclu que dans l'acte de l'aimantation, les particules de ces deux fluides n'éprouvent que des déplacemens si peu considérables qu'ils échappent à toutes nos mesures. J'ai nommé *élémens magnétiques* les petites portions des corps dans lesquelles les fluides boréal et austral peuvent se mouvoir, et qui sont séparées les unes des autres par d'autres portions imperméables au magnétisme. La proportion de la somme de leurs valeurs, au volume entier de chaque corps, varie dans les différentes matières; ce qui suffit pour expliquer comment, dans l'état de repos, ces matières donnent des signes de magnétisme plus ou moins marqués sous l'influence des mêmes forces extérieures. Cette proportion dépend aussi de la température des aimans; et c'est pour cela que l'intensité de leurs actions magnétiques varie avec leur degré de chaleur. Dans l'acier et dans toutes les substances susceptibles d'une aimantation permanente, la matière du corps exerce une action particulière sur les particules des fluides boréal et austral, qui s'oppose à leur séparation, et ensuite à leur réunion, en sorte que ces substances ne peuvent être aimantées par influence, ni perdre l'état d'aimantation qu'on leur a fait prendre par d'autres procédés, à moins que la force extérieure ne l'emporte sur cette action de la matière pondérable. C'est cette action que les physiciens ont nommée *force coercitive*, et dont les effets ont été com-

parés à ceux du frottement dans les machines. Dans les substances où cette force est nulle ou insensible, la séparation des deux fluides commence, et les phénomènes magnétiques se manifestent dès que la moindre force extérieure a commencé d'agir ; nous admettrons cependant que ces substances exercent sur les particules boréales et australes une autre sorte d'action, analogue à la résistance des milieux, qui retarde le mouvement des fluides dans l'intérieur des élémens magnétiques, et peut être très-différens dans les différentes matières ; et c'est, selon nous, cette espèce de résistance particulière à chaque substance, et non la force coercitive dont nous ferons abstraction, qui influe sur les phénomènes magnétiques des corps en mouvement.

Supposons donc qu'on approche un aimant d'une matière où la force coercitive est insensible, et où les élémens magnétiques sont en proportion quelconque, aussitôt la décomposition du fluide neutre commencera dans ces élémens, et elle continuera jusqu'à ce que l'action du fluide libre fasse équilibre à la force extérieure, ce qui ne manquera pas d'arriver si cette force est constante en grandeur et en direction. Mais si elle varie continuellement, ou bien, si l'aimant extérieur change de position par rapport aux élémens du corps soumis à son influence, les deux fluides, au lieu de parvenir à un état permanent, se mouvront dans chaque élément avec des vitesses dépendantes, toutes choses d'ailleurs égales, de la résistance que la matière du corps leur oppose. Dans cet état, nous ne saurions déterminer, à chaque instant, la distribution variable des deux fluides dans les élémens magnétiques ; néanmoins

on peut concevoir qu'elle soit très-différente de la distribution permanente qui a lieu dans l'état d'équilibre : il est possible, en effet, que pendant le mouvement, la décomposition du fluide neutre ayant lieu dans toute l'étendue de chaque élément, l'un des deux fluides boréal ou austral soit en excès dans chacun de ses points ; et qu'au contraire, dans l'état d'équilibre, le fluide décomposé soit transporté à sa surface, où il forme une couche d'une très-petite épaisseur par rapport aux dimensions de cet élément, ainsi que nous l'avons supposé dans les précédens Mémoires. L'action exercée au dehors par un même élément soumis à l'influence des mêmes forces, serait alors très-différente dans les deux cas, puisque dans l'un elle émanerait seulement des points voisins de sa surface, et dans l'autre, de tous les points de son volume. Toutefois je ne fais ici cette observation que pour indiquer une cause probable de la différence d'action magnétique que l'expérience a fait connaître entre les corps en mouvement et les corps en repos. Mon analyse embrasse à la fois ces deux cas, et je l'ai affranchie de toute hypothèse relative à la disposition des deux fluides dans les élémens magnétiques. Elle est fondée sur un seul principe dont les conséquences, déduites par un calcul rigoureux, devront être comparées à l'expérience. En voici l'énoncé le plus général :

Si un élément magnétique de forme quelconque est soumis à l'action d'une force donnée, qui soit la même pour tous ses points, l'action qu'il exercera sur un point extérieur, de position déterminée, aura pour expression la somme des trois composantes de cette force

multipliées par des fonctions du temps qui seront nulles dans le premier moment, et qui acquerront des valeurs constantes après un très-court intervalle de temps. Ce temps très-court dépendra de la vitesse des deux fluides ou de la résistance que la matière de l'élément oppose à leur mouvement. On fait abstraction, comme on l'a déjà dit, de la force coercitive, dont l'effet se ferait sentir pendant un temps bien plus long et qui empêcherait même toute décomposition du fluide neutre de commencer, tant que la force extérieure n'aurait pas une grandeur convenable.

Je fais voir, d'après ce principe, que quand la force donnée variera en grandeur et en direction, l'action de l'élément, après le même intervalle de temps, sera exprimée par ses composantes multipliées par les mêmes facteurs constans que si elle était invariable, et par leurs coefficiens différentiels relatifs au temps, multipliés par d'autres facteurs constans. Ces derniers facteurs seraient nuls si la décomposition du fluide neutre se faisait instantanément; dès qu'il n'en sera pas ainsi, ils auront des valeurs indépendantes de celles des premiers facteurs, et qui pourront les surpasser, de manière que l'action magnétique d'un très-petit nombre d'élémens soumis à des forces variables, l'emporte sur celle d'un grand nombre des mêmes élémens soumis à des forces constantes. Ainsi, conformément à l'expérience, une matière dans laquelle les élémens magnétiques sont très-rares, et qui n'exerce conséquemment qu'une très-faible action sous l'influence de forces constantes, pourra néanmoins en exercer une très-puissante sous l'influence de forces variables; et, réciproquement, il sera possible que l'action

exercée par un autre corps dans le premier cas, soit très-peu augmentée dans le second. Les constantes relatives à ces deux genres d'action devront être données par l'expérience, indépendamment les unes des autres, pour chaque corps en particulier, et pour différens degrés de chaleur; car il y a lieu de croire que dans la même matière elles dépendront de la température. En les supposant connues, le problème général que l'on aura à résoudre sera celui-ci :

Déterminer l'action magnétique exercée à chaque instant par un corps de forme quelconque, en repos ou en mouvement, sur un système de points donnés de position; ce corps étant soumis à des forces dont les composantes sont aussi données en fonctions du temps.

On trouvera dans ce nouveau Mémoire les équations qui renferment la solution de cette question. En les appliquant au cas où les forces données sont invariables, on retrouve les formules de mon premier Mémoire, qui sont déduites, de cette manière, de considérations plus simples et aussi plus exactes.

Ces équations générales se résolvent facilement dans le cas d'une sphère homogène, tournant sur elle-même avec une vitesse constante. Si la force à laquelle elle est soumise est égale pour tous ses points, comme l'action de la terre ou celle d'un aimant très-éloigné, son état magnétique sera le même que si elle était en repos, et que l'on ajoutât à la force donnée une autre force semblable, dont la direction fût perpendiculaire à l'axe de rotation, et même à très-peu près normale au plan passant par cette droite et parallèle à la force extérieure; résultat conforme à une proposition générale que M. Barlow a

énoncée, et qu'il a conclue de ses observations citées plus haut.

J'ai aussi appliqué les formules générales au cas d'une sphère en repos, dont la température varie avec le temps et du centre à la surface, et dont tous les points sont soumis à des forces égales et parallèles. Son état magnétique et l'action qu'elle exerce au dehors dépendent de la vitesse du refroidissement, et ne sont pas les mêmes que si la température était entretenue à un degré constant en chaque point de la sphère. Une variation continue de chaleur ou toute autre cause également continue, qui ne permet pas aux deux fluides de parvenir à l'état d'équilibre dans les élémens magnétiques, doit influer, comme le mouvement, sur l'état d'aimantation des corps; mais ce point important mérite d'être approfondi plus que je ne l'ai fait dans cette application, qu'on ne devra considérer, quant à présent, que comme un exemple de calcul.

On trouvera enfin dans ce Mémoire des formules relatives à l'action d'une plaque tournante sur une aiguille aimantée, ou d'une plaque immobile sur une aiguille en mouvement, mais applicables seulement au cas où les bords de la plaque seront assez éloignés des pôles de l'aiguille pour que leur influence mutuelle soit insensible. Ce qui regarde l'action des bords, surtout à cause de leurs arêtes, présente des difficultés d'analyse qui peuvent se rencontrer dans d'autres questions, et dont nous renvoyons l'examen spécial à un autre Mémoire. Nous donnons dans celui-ci les trois composantes de l'action exercée sur un point donné par une plaque circulaire, tournant uniformément sur elle-

même, et dont on considère le diamètre comme infini. L'une de ces forces est parallèle à la surface de la plaque et agit circulairement; l'autre lui est aussi parallèle, mais elle est dirigée suivant les rayons qui partent de son centre de rotation; la troisième est normale à cette surface. Les deux dernières sont exprimées par des séries ordonnées suivant les puissances paires de la vitesse de rotation, en commençant par le carré; la valeur de la première est une série qui procède suivant les puissances impaires. Si la plaque est horizontale, la première composante est la force qui écarte la boussole du méridien magnétique, et la maintient dans une direction déterminée, ou la fait circuler continuellement, selon la grandeur de la vitesse de la plaque; les deux premiers termes de son expression en série suffisent pour représenter avec une exactitude remarquable, les déviations correspondantes à de très-grandes vitesses, qui m'ont été communiquées par M. Arago. Les deux autres composantes agissent sur le pôle inférieur de l'aiguille d'inclinaison : si elle est un peu longue, leur action est insensible sur son autre pôle; et si le plan dans lequel elle peut tourner passe par le centre de rotation de la plaque, ces deux forces sont les seules qui la font dévier de sa direction naturelle. L'action verticale de la plaque tournante sur les deux pôles de l'aiguille horizontale, diminue son poids apparent d'une quantité dont nous donnons l'expression analytique. La composante horizontale, qui agit suivant les rayons de la plaque, ou du moins le premier terme de sa valeur en série qui en est la partie principale, a constamment le même signe quand on regarde le diamètre de la pla-

que comme infini. Il n'en sera plus de même dans la réalité lorsque la projection horizontale du point sur lequel cette force s'exerce, s'approchera des bords de la plaque. L'analyse montre que si l'on a égard à leur influence, l'expression de cette force sera composée de deux termes de signes contraires, qui seront égaux à une certaine distance du centre de rotation, en sorte que, en deçà et au delà, cette force sera dirigée en sens opposés. En calculant approximativement cette distance dans un exemple particulier, j'ai trouvé une fraction du rayon de la plaque qui s'écartait peu de celle que M. Arago avait observée dans un cas semblable; mais, comme je viens de le dire, ce n'est pas dans ce Mémoire qu'il doit être question de ce qui tient à l'influence des bords, et je n'en parle maintenant que pour ne pas laisser croire que la théorie soit en défaut touchant le changement de direction de l'une des forces horizontales.

Si la plaque horizontale est immobile, son action diminue les amplitudes successives de la boussole et de l'aiguille d'inclinaison en influant beaucoup moins sur la durée de leurs oscillations; ce qui s'accorde avec l'expérience. Dans ce cas, les diminutions d'amplitude des deux aiguilles sont des quantités du même ordre, et peuvent se déduire l'une de l'autre; ce qui n'a pas lieu dans le cas du mouvement, à l'égard de leurs déviations qui dépendent de quantités d'un ordre différent et ne sont pas liées entr'elles. La déviation horizontale correspondante à une vitesse donnée de la plaque étant connue, on en conclura immédiatement, au moyen d'une formule de mon Mémoire,

la diminution d'amplitude des oscillations de la même aiguille à la même distance de cette plaque, en supposant seulement que cette distance soit assez considérable pour que la diminution dont il s'agit ne soit qu'une petite partie de l'amplitude qui pourra être aussi grande qu'on voudra.

Les forces qui produisent l'aimantation de la plaque, immobile ou en mouvement, sont le magnétisme terrestre et l'action des pôles de l'aiguille sur lesquels elle réagit; mais, dans le cas d'une plaque très-étendue, comme celle que j'ai considérée, l'influence de la première cause sera peu considérable; c'est pourquoi cette réaction de la plaque est sensiblement proportionnelle au carré de l'intensité magnétique des pôles de l'aiguille, c'est-à-dire que si l'aiguille est formée par la juxtà-position de plusieurs aiguilles aimantées, parfaitement égales, dont l'influence mutuelle soit insensible, la réaction de la plaque sera proportionnelle au carré de leur nombre; en même temps l'action de la terre est proportionnelle à ce même nombre d'aiguilles; par conséquent la déviation variera suivant ce dernier rapport; ce qui est aussi conforme à l'observation. La même chose n'aurait pas lieu à l'égard de la déviation d'une aiguille produite par l'action d'une sphère ou d'un autre corps en repos ou en mouvement, aimanté par l'action de la terre : cette déviation serait toujours la même, quel que fût le degré d'aimantation de l'aiguille, abstraction faite toutefois du frottement contre le piveau, ou de la petite torsion du fil de suspension.

Les différens résultats de mon analyse coïncident avec ceux de l'observation dans leur ensemble général;

mais pour mettre la théorie hors de doute, il sera nécessaire de comparer les uns aux autres d'une manière plus précise ; ce qui ne présentera aucune difficulté lorsqu'on aura déterminé, par cette comparaison même, les constantes relatives à la matière du corps aimanté et à son degré de chaleur, que les formules renferment. Une de ces constantes se rapporte à l'action du magnétisme en repos ; sa valeur est la plus grande dans le fer, moindre dans le nickel et le cobalt, et presque insensible dans les autres substances. Les constantes d'où dépend l'action du magnétisme en mouvement sont en nombre infini ; mais elles forment une série très-convergente dont il suffira généralement de connaître les deux ou trois premiers termes.

(Le Mémoire, dont ce qui précède est un extrait, fera partie du tome VI des *Nouveaux Mémoires de l'Académie des Sciences*, actuellement sous presse.)

---

## Analyse *des Cendres de diverses espèces de Bois.*

### Par Mr P. Berthier.

Dans ses ouvrages sur la végétation, et particulièrement dans un Mémoire relatif à l'influence du sol sur quelques parties constituantes des végétaux, publié il y a plus de vingt-cinq ans (*Journal de Physique*, t. LI, p. 9), M. de Saussure a présenté plusieurs analyses de cendres de bois, desquelles il résulte que ces cendres

sont essentiellement composées de carbonate de chaux, et qu'elles ne renferment que très-peu de silice. Néanmoins on paraît croire généralement encore que la silice est l'élément dominant des cendres, et peu de personnes se font une juste idée de leur nature. Comme toutes les fois que l'on fond une matière quelconque avec le contact du bois ou du charbon de bois, les cendres jouent un certain rôle, et que ce rôle est souvent assez important, principalement dans les opérations métallurgiques, j'ai pensé qu'il serait intéressant d'analyser comparativement les cendres des bois que l'on emploie comme combustibles, et de quelques autres bois qui sont communs dans nos climats. Je m'occupe de ce travail depuis plusieurs années; mais je n'ai pas pu en publier les résultats plus tôt, à cause du temps qu'il m'a fallu pour réunir toutes les essences de bois que je voulais examiner.

Toutes les fois que je l'ai pu, j'ai brûlé moi-même les bois ou les charbons pour préparer les cendres, et j'ai fait en sorte de n'en point perdre afin de les doser exactement. Cette opération exige du soin, parce que la matière est si divisée et si légère que la moindre agitation la fait voler en poussière. J'ai commencé la combustion dans un petit fourneau cylindrique en terre ou dans un petit réchaud de ménage dont les portes étaient à peine entr'ouvertes, et placé dans une pièce dont l'air était calme; puis j'ai achevé d'incinérer la braise en la chauffant au rouge naissant dans une capsule de platine jusqu'à destruction complète du charbon.

Toutes les cendres se composent de sels alcalins qui

sont solubles dans l'eau et de matières insolubles. Les sels alcalins sont à base de potasse et de soude, et contiennent de l'acide carbonique, de l'acide sulfurique, de l'acide muriatique, un peu de silice et quelquefois une trace d'acide phosphorique. Les matières insolubles renferment de l'acide carbonique, de l'acide phosphorique, de la silice, de la chaux, de la magnésie, de l'oxide de fer et de l'oxide de manganèse. La quantité d'acide carbonique n'est jamais assez grande pour saturer les alcalis, la magnésie et la totalité de la chaux, parce que la chaleur qui se développe pendant l'incinération décompose le carbonate de magnésie, et est même assez forte pour amener une partie de la chaux à l'état caustique. La proportion de chaux caustique est d'autant plus grande que l'incinération a eu lieu à une température plus élevée; aussi les cendres qui proviennent des grands foyers de combustion dans lesquels la chaleur est très-forte, en contiennent-elles beaucoup plus que les cendres que l'on prépare en petit en brûlant quelques centaines de grammes de bois ou de charbon.

J'ai employé plusieurs procédés pour faire l'analyse des cendres; mais voici celui que j'ai suivi le plus ordinairement, parce que je le crois le meilleur.

On fait bouillir dans l'eau distillée, on filtre et on lave complètement le résidu; on dessèche ce résidu au rouge sombre et on le pèse; on évapore la dissolution aqueuse à siccité, et on pèse également les sels après les avoir calcinés. L'opération donne presque toujours une petite augmentation de poids : cette augmentation

provient de ce que, pendant l'ébullition dans l'eau, la chaux caustique que contient la cendre réagit sur les carbonates alcalins et leur enlève une certaine quantité d'acide carbonique, et de ce que la portion des alcalis devenue libre prend, en remplacement de l'acide carbonique, une quantité d'eau équivalente que la calcination ne peut pas en séparer. Il est rare que la chaux se sature entièrement d'acide carbonique pendant l'ébullition, et presque toujours il en reste une certaine quantité à l'état caustique dans la matière insoluble.

On analyse séparément les sels alcalins et les matières insolubles. Je n'entrerai dans aucun détail relativement aux sels alcalins, parce que les procédés docimastiques qui leur sont applicables sont bien connus. Je me suis souvent contenté de les doser en masse, cette partie des cendres ayant peu d'intérêt pour l'objet que je me proposais : cependant on verra que j'ai quelquefois recherché la proportion relative de la potasse et de la soude, ainsi que la présence de l'acide phosphorique.

Quant à la matière insoluble; (*a*) on en prend une portion que l'on calcine à une forte chaleur blanche, et l'on dose l'acide carbonique qui se dégage par perte de poids. Comme il reste toujours dans les cendres quelques particules de charbon qui se brûlent pendant la calcination, la perte de poids indique réellement une dose un peu trop forte d'acide carbonique; mais cette cause d'erreur est peu importante et ordinairement tout-à-fait négligeable. Cependant, lorsque j'ai eu à analyser des cendres très-mélangées de charbon, j'ai préala-

blement déterminé la proportion de celui-ci : pour cela, j'ai fait chauffer la matière avec de l'acide muriatique de force moyenne; tout s'est dissous, à l'exception du charbon et d'un peu de silice; j'ai lavé le dépôt avec de la potasse caustique qui a dissous la silice, et le charbon est resté pur. Si la matière insoluble n'était pas assez fortement desséchée, il pourrait arriver qu'il y restât un peu d'eau en combinaison avec la chaux caustique; alors, en dosant l'acide carbonique par la calcination, la proportion s'en trouverait exagérée, puisque l'eau se dégagerait en même temps. Dans ce cas, il faudrait déterminer d'abord, soit la quantité d'eau en chauffant la matière dans un tube, soit la quantité d'acide carbonique par la voie humide.

(*b*) On porphyrise très-exactement une autre portion de la matière, et on la fait bouillir pendant plusieurs heures avec de l'acide acétique dans un matras; toute la magnésie se dissout avec la plus grande partie de la chaux et une petite quantité d'oxide de manganèse; on calcine le résidu et on le pèse. Ce résidu contient toute la silice, tout l'oxide de fer, tout l'acide phosphorique et la plus grande partie de l'oxide de manganèse. Il contient en outre de la chaux combinée avec de l'acide phosphorique, quand l'oxide de fer n'est pas en assez grande proportion pour saturer cet acide; mais lorsque l'oxide de fer est en grande quantité, on ne trouve jamais de chaux dans le résidu du traitement par l'acide acétique.

(*c*) On évapore la dissolution acétique (*b*) pour en chasses l'excès d'acide, puis on reprend le résidu par l'eau et on ajoute à la liqueur de l'eau de chaux, qui en pré-

cipite la magnésie et l'oxide de manganèse ; on calcine ce précipité, on le pèse, et en ajoutant son poids à celui de l'acide carbonique et du résidu insoluble dans l'acide acétique, on a, en retranchant le total du poids de la cendre employée, la proportion de la chaux par différence. On redissout la magnésie et le manganèse dans l'acide muriatique; on précipite le manganèse par un hydro-sulfate alcalin ; on grille le précipité pour le changer en oxide ; on le pèse, et on détermine le poids de la magnésie par différence.

(*d*) On redissout le résidu (*b*) dans l'acide muriatique; on évapore à siccité pour rendre la silice insoluble ; on ajoute de nouveau de l'acide muriatique, mais en quantité suffisante seulement pour tenir en dissolution les phosphates et les oxides métalliques, et on dose la silice.

(*e*) On étend la dissolution muriatique avec de l'eau, et on y ajoute de l'oxalate d'ammoniaque qui en précipite la chaux et une certaine quantité d'oxide de manganèse ; on dose les deux substances ensemble, après avoir calciné le précipité ; et on les sépare ensuite, comme il a été dit plus haut relativement au mélange de magnésie et de manganèse.

(*f*) On précipite ensuite le fer et le manganèse de la liqueur par l'ammoniaque ou par un carbonate ; s'il y a peu d'acide phosphorique dans les cendres, ces oxides l'entraînent en entier : si, au contraire, il y en a beaucoup, et si le résidu (*b*) contenait de la chaux, il reste de l'acide phosphorique dans la liqueur. Pour le doser, on verse dans celle-ci une dissolution de muriate de chaux ; il s'en précipite un mélange de phosphate, d'oxalate et de

carbonate de chaux, on calcine ce mélange à la chaleur rouge; on le redissout dans un acide, et on précipite le phosphate de chaux de la dissolution par l'ammoniaque caustique.

(*g*) Pour analyser le précipité (*f*), on peut le faire digérer, humide, avec un hydro-sulfate alcalin qui lui enlève l'acide phosphorique, et il ne reste plus qu'à séparer le fer du manganèse; ou, ce qui revient au même, le calciner, le peser, le chauffer au creuset d'argent avec un alcali caustique, délayer dans l'eau, abandonner pendant quelque temps la liqueur à elle-même pour qu'elle laisse déposer l'oxide de manganèse qu'elle tient en dissolution, etc. Si le précipité (*f*) contient assez de fer pour saturer tout l'acide phosphorique, on peut encore le traiter, humide, par l'acide acétique, évaporer jusqu'à siccité à une chaleur faible pour chasser l'excès d'acide et reprendre par l'eau : tout le manganèse se dissout à l'état d'acétate, et tout le fer reste avec l'acide phosphorique.

On remarque que pour peu que les cendres contiennent d'oxide de manganèse, elles ont une teinte grisâtre, et donnent du chlore quand on les traite par l'acide muriatique : cela prouve que cet oxide y est libre et non combiné à l'acide phosphorique. Au contraire, les cendres peuvent contenir beaucoup d'oxide de fer sans être sensiblement colorées, lorsqu'elles renferment en même temps de l'acide phosphorique; d'où il paraît résulter que cet oxide est alors dans les cendres à l'état de phosphate. D'après cela, j'admets que l'acide phosphorique est combiné en partie avec l'oxide de fer, et en partie avec la chaux lorsqu'il y en a une proportion

plus grande qu'il n'est nécessaire pour saturer l'oxide; et je suppose que le phosphate de fer qui se trouve dans les cendres est le sous-phosphate $F^2 P^5$, et que le phosphate de chaux est le même que le phosphate des os.

Les tableaux suivans, dans lesquels les mêmes numéros se rapportent aux mêmes combustibles, présentent tous les résultats des expériences qui ont été faites.

*Quantités de cendres produites par différens bois et combustibles végétaux.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Charme, | bois. | (1) | | Oranger, | bois. | (15) | |
| | charb. | (2) | 0,0265 | Chêne blanc, | bois. | (16) | |
| Hêtre, | charb. | (3) | 0,0300 | Chêne vert, | bois. | (17) | |
| | charb. | (4) | 0,0330 | Bouleau, | bois. | (18) | 0,0100 |
| Chêne, | bois. | (5) | 0,0250 | Faux ébénier, | bois. | (19) | 0,0125 |
| | écorce. | (6) | 0,0600 | Châtaignier, | charb. | (20) | |
| Tilleul, | bois. | (7) | 0,0500 | Aulne, | charb. | (21) | |
| Ste-Lucie, | bois. | (8) | 0,0160 | Sapin, | charb. | (22) | |
| Sureau à grappes, | bois. | (9) | 0,0164 | | bois. | (23) | 0,0083 |
| Arbre de Judée, | bois. | (10) | 0,0170 | Pin, | charb. | (24) | 0,0124 |
| Noisetier, | bois. | (11) | 0,0157 | Paille de froment, | | (25) | 0,0440 |
| Mûrier de la Chine, | bois. | (12) | | Fanes de pommes de terre, | | (26) | 0,1500 |
| Mûrier blanc, | bois. | (13) | 0,0160 | Tanaisie, | | (27) | |
| *Idem*, | bois. | (14) | | Racine de tabac, | | (28) | |

*Quantités de sels alcalins et de matières insolubles contenues dans les cendres.*

| | | Sels alcalins | Matières insolubles. | | | Sels alcal. | Matières insolubl. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Charme, | (1) | 0,189 | 0,811 | Oranger, | (15) | 0,096 | 0,904 |
| *Idem*, | (2) | 0,172 | 0,789 | Chêne blanc, | (16) | 0,075 | 0,925 |
| Hêtre, | (3) | 0,160 | 0,820 | Chêne vert, | (17) | 0, | |
| Chêne, | (4) | 0,155 | 0,845 | Bouleau, | (18) | 0,160 | 0,840 |
| | (5) | 0,120 | 0,880 | Faux ébénier, | (19) | 0,315 | 0,685 |
| | (6) | 0,050 | 0,750 | Châtaignier, | (20) | 0,146 | 0,854 |
| Tilleul, | (7) | 0,108 | 0,892 | Aubier, | (21) | 0,188 | 0,812 |
| Ste Lucie, | (8) | 0,160 | 0,840 | Sapin, | (22) | 0,257 | 0,743 |
| Sureau, | (9) | 0,315 | 0,685 | *Idem*, | (23) | 0,500 | 0,500 |
| Arbre de Judée, | (10) | 0,190 | 0,810 | Pin, | (24) | 0,136 | 0,864 |
| | | | | Paille, | (25) | 0,090 | 0,810 |
| Noisetier, | (11) | 0,154 | 0,846 | Fanes, | (26) | 0,042 | 0,958 |
| Mûrier de la Chine, | (12) | 0,189 | 0,811 | Tanaisie, | (27) | 0 290 | 0,710 |
| | | | | Tabac, | (28) | 0,123 | |
| Mûrier blanc, | (13) | 0,150 | 0,850 | | | | |
| *Idem*, | (14) | 0,250 | 0,750 | | | | |

# COMPOSITION DES SELS ALCALINS ET DE LA MATIÈRE INSOLUBLE DES CENDRES.

| | CHARME. | | HÊTRE. | CHÊNE. | | | TILLEUL. | STE-LUCIE. | SUREAU à grappes. | ARBRE de JUDÉE. | NOISETIER. | MURIER de la Chine. | MURIER BLANC. | | ORANGER. | CHÊNE blanc. | CHÊNE vert. | BOULEAU. | FAUX ÉBÉNIER. | CHATAIGNIER. | AULNE. | SAPIN. | | PIN. | PAILLE. | POMMES de terre. | TANAISIE. | TABAC. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) | (19) | (20) | (21) | (22) | (23) | (24) | (25) | (26) | (27) | (28) |
| SELS ALCALINS. Acide carbonique | ..... | 0,2460 | 0,2240 | 0,2833 | 0,2400 | 0,2320 | 0,2742 | 0,2000 | 0,2400 | 0,2490 | 0,2020 | 0,2260 | ..... | 0,2300 | 0,3700 | ..... | ..... | 0,1700 | ..... | 0,1875 | ..... | 0,3020 | 0,1350 | 0,2075 | trace. | 0,0620 | 0,1500 | 0,1000 |
| —— sulfurique | ..... | 0,0725 | 0,0730 | 0,0583 | 0,0810 | 0,0600 | 0,0753 | 0,0600 | 0,0640 | 0,0310 | 0,0510 | 0,0800 | ..... | 0,0830 | ..... | ..... | ..... | 0,0230 | 0,0800 | 0,0875 | 0,0660 | 0,0310 | 0,0690 | 0,1200 | 0,0200 | 0,2300 | 0,0560 | 0,1030 |
| —— muriatique | ..... | 0,0461 | 0,0520 | 0,0400 | 0,0010 | 0,0070 | 0,0180 | 0,1000 | 0,0040 | 0,0050 | 0,0050 | 0,0040 | ..... | 0,0400 | 0,0400 | ..... | ..... | 0,0020 | 0,0200 | 0,0050 | 0,0030 | 0,0030 | 0,0000 | 0,0663 | 0,1300 | 0,1200 | 0,1100 | 0,1826 |
| Silice | ..... | 0,0100 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0020 | 0,0080 | 0,0161 | 0,0100 | 0,0020 | 0,0100 | 0,0050 | 0,0100 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 0,0100 | 0,0170 | 0,0275 | ..... | 0,0100 | 0,0200 | 0,0133 | 0,3500 | ..... | ..... | ..... |
| Potasse | ..... | 0,5065 | | | | | | | | | | | | 0,5200 | | | | | | | | | 0,2820 | 0,3166 | | | | |
| Soude | ..... | 0,1210 | 0,6410 | 0,6084 | 0,6760 | 0,6930 | 0,6064 | 0,6300 | 0,6700 | 0,7050 | 0,7320 | 0,6800 | ..... | 0,1150 | 0,590 | ..... | ..... | 0,7950 | ..... | 0,6925 | ..... | 0,6540 | 0,4150 | 0,1533 | 0,5000 | 0,5880 | 0,6840 | 0,6144 |
| Eau | ..... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0790 | | | | | |
| | | 1,0021 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9800 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | ..... | 0,9880 | 1,0000 | ..... | ..... | 1,0000 | ..... | 1,0000 | ..... | 1,0000 | 1,0000 | 0,9770 | 1,0000 | 1,0000 | 1,000 | 1,0000 |
| MATIÈRES INSOLUBLES. Acide carbonique | 0,3320 | 0,2920 | 0,3290 | 0,3005 | 0,3960 | 0,3850 | 0,3980 | 0,3400 | 0,3140 | 0,3400 | 0,3700 | 0,1870 | 0,2710 | 0,4200 | 0,3350 | 0,4140 | 0,3581 | 0,3100 | 0,1900 | 0,3060 | 0,3100 | 0,2300 | 0,2150 | 0,3600 | ..... | ..... | 0,2530 | |
| —— phosphorique | 0,1000 | 0,0880 | 0,0570 | 0,0700 | 0,0080 | ..... | 0,0280 | 0,0630 | 0,0830 | 0,0750 | 0,0480 | 0,0540 | 0,1160 | 0,0180 | 0,0190 | 0,0300 | 0,0280 | 0,0430 | 0,1840 | 0,0181 | 0,0770 | 0,0420 | 0,0180 | 0,0100 | 0,0120 | ..... | 0,0800 | |
| Silice | 0,0500 | 0,0590 | 0,0580 | 0,0170 | 0,0380 | 0,0110 | 0,0200 | 0,0180 | 0,0320 | 0,0240 | 0,0420 | 0,1310 | 0,0770 | 0,0290 | 0,0600 | 0,0330 | 0,0505 | 0,0550 | 0,0800 | 0,0845 | 0,0500 | 0,0800 | 0,1300 | 0,0460 | 0,7500 | 0,3800 | 0,2180 | |
| Chaux | 0,3860 | 0,4270 | 0,4260 | 0,4461 | 0,5480 | 0,5010 | 0,5180 | 0,4880 | 0,4920 | 0,4600 | 0,4240 | 0,5560 | 0,4670 | 0,4610 | 0,4500 | 0,5030 | 0,4834 | 0,5220 | 0,4560 | 0,5110 | 0,5020 | 0,3980 | 0,2720 | 0,4230 | 0,0580 | ..... | 0,4280 | |
| Magnésie | 0,0780 | 0,0695 | 0,0700 | 0,0799 | 0,0060 | 0,0080 | 0,0220 | 0,0700 | 0,0250 | 0,0720 | 0,0440 | 0,0720 | 0,0520 | 0,0460 | 0,0700 | 0,0100 | 0,0240 | 0,0300 | 0,0900 | 0,0380 | 0,0250 | 0,0440 | 0,0870 | 0,1050 | ..... | ..... | 0,0070 | |
| Oxide de fer | 0,0160 | 0,0010 | 0,0150 | 0,0010 | ..... | ..... | 0,0010 | 0,0050 | 0,0110 | 0,0130 | 0,0400 | ..... | 0,0030 | 0,0050 | 0,0100 | 0,0100 | 0,0478 | 0,0050 | ..... | 0,0350 | 0,0360 | 0,1410 | 0,2230 | 0,0010 | 0,0250 | ..... | 0,0070 | |
| —— de manganèse | 0,0340 | 0,0695 | 0,0450 | 0,0290 | ..... | 0,0740 | 0,0260 | 0,0080 | 0,0180 | 0,0070 | ..... | ..... | 0,0050 | 0,0130 | | ..... | ..... | 0,0350 | ..... | ..... | ..... | 0,0600 | 0,0550 | 0,0040 | ..... | ..... | 0,0070 | |
| Charbon, etc. | ..... | 0,0140 | ..... | 0,0450 | ..... | 0,0210 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 0,0560 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 0,0480 | 0,1550 | ..... | ..... | |
| | 0,9960 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9885 | 0,9960 | 1,0000 | 0,9930 | 0,9920 | 0,9950 | 0,9910 | 0,9680 | 1,0000 | 0,9910 | 0,9920 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9918 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9926 | 1,0000 | 0,9950 | 1,0000 | 0,9970 | 1,0000 | ..... | 1,0000 | |
| Phosphate de chaux | 0,1600 | 0,1790 | 0,0710 | 0,1390 | 0,0180 | ..... | 0,0540 | 0,1140 | 0,1360 | 0,1140 | ..... | 0,1100 | 0,2320 | 0,0223 | 0,0050 | 0,0310 | ..... | 0,0730 | 0,3740 | ..... | 0,0345 | ..... | ..... | 0,0173 | ..... | 0,1300 | 0,1420 | |
| —— de fer | 0,0380 | 0,0025 | 0,0370 | 0,0025 | ..... | ..... | 0,0025 | 0,0125 | 0,0270 | 0,0320 | 0,0800 | ..... | 0,0070 | 0,0125 | 0,0125 | 0,0250 | 0,0460 | 0,0125 | ..... | 0,0500 | 0,0900 | 0,0630 | 0,0500 | 0,0025 | ..... | | 0,0170 | |

(1) Bois de *charme* du département de la Nièvre, provenant de taillis et très-sec. Le sol dans lequel ce bois a crû, est argileux et sablonneux, et en même temps très-chargé de fer. C'est dans ce sol que l'on exploite les minerais qui alimentent les nombreuses usines du département.

(2) Charbon de *charme* du département de la Somme. Ce charbon était très-sec et de première qualité. On l'amène à Paris par voitures ; il donne une chaleur beaucoup plus forte que celui qui vient par bateau. Sa cendre était jaunâtre.

(3) Charbon de *hêtre* du département de la Somme. De même qualité que le précédent. La cendre était couleur sciure de bois. Un litre de cette cendre non tassée, pesait 530 grammes.

(4) Charbon de *chêne* du département de la Somme. De même qualité que les charbons (2) et (3). La cendre était jaunâtre. Elle paraît contenir beaucoup de soude.

(5) Bois de *chêne* en rondins de 5 à 15 centimètres de diamètre, de la Roque-les-Arcs, près Cahors, département du Lot. Le sol est très-sec, rocailleux, et se compose des débris d'un calcaire secondaire peu argileux : c'est ce qu'on nomme un *causse* dans tout le midi de la France. La cendre était blanche ; la densité de cette cendre était telle qu'étant mesurée sans être tassée, un litre pesait 680 grammes, qu'étant tassée par secousses, le même volume pesait 750 grammes, et qu'étant fortement comprimée avec la main, le litre pesait 910 grammes.

(6) Ecorce de chêne récoltée dans le département de l'Allier, sèche et telle qu'on l'emploie dans les tanne-

ries de Nemours (Seine et Marne). Elle donne une quantité de cendres très-considérable. Ces cendres ont une couleur brune; elles sont remarquables par leur pauvreté en sels alcalins, par la grande quantité d'oxide de manganèse qu'elles contiennent, et en ce qu'elles ne renferment pas la plus petite trace d'acide phosphorique. L'écorce qui a servi au tannage (le *tan*) est moulé en motte et consommé dans le pays comme combustible. Les mottes laissent environ 0,12 de cendres visiblement mélangées de sable : ces cendres ne donnent que 0,016 de leur poids de sels alcalins ; aussi ne les emploie-t-on jamais dans les lessives. Il est évident que pendant la macération du tannage l'eau enlève à l'écorce plus de la moitié des substances alcalines qu'elle renferme.

(7) Bois de tilleul, crû dans un jardin de Nemours (1),

---

(1) La ville de Nemours est agréablement située sur le bord du Loing, dans une vallée couverte d'arbres et de prairies. Quoiqu'elle soit entourée de canaux et de ruisseaux qui sont alimentés par un grand nombre de fontaines, elle est très-salubre, parce que le sol étant léger, lorsque l'eau ne trouve pas d'écoulement elle est promptement absorbée, et ne peut pas former d'amas croupissans. On distingue deux étages dans les coteaux qui bordent la vallée : l'étage supérieur, qui constitue une plaine immense à l'ouest et au midi, et l'étage moyen qui forme une autre plaine, limitée au levant par le Lunain, et qui entame les coteaux de l'ouest plus ou moins profondément, à-peu-près à la moitié de leur hauteur. Sur ce dernier étage, on voit çà et là des monticules composés de sable blanc et de blocs de grès, dont les sommets atteignent presque toujours le niveau de la plaine supérieure. Ces monticules nourrissent à peine quelques arbres

département de Seine et Marne. Le sol est une grève un peu calcaire, peu élevée au-dessus du niveau de la

---

verts et quelques bouleaux. Leur aridité et leurs formes bizarres donnent au pays un aspect très-pittoresque.

La ville est peu éloignée de la ceinture de craie qui entoure le bassin de Paris. Cette circonstance rend la contrée fort intéressante sous le point de vue géologique. Il y existe cinq formations, 1°. la craie; 2°. l'argile plastique; 3°. le calcaire d'eau douce inférieur; 4°. le grès et sable marins, et 5°. le calcaire d'eau douce supérieur.

1°. La craie se montre à 4 kilomètres au sud dans la vallée, au niveau de la rivière et jusqu'à mi-côte; plus loin, elle se relève peu à peu; et vers Soupes, ainsi qu'au-delà de Château-Landon, elle n'est plus recouverte que par un dépôt très-peu épais d'une des formations supérieures. Cette craie est généralement solide : cependant à Moquepoix, un peu au-dessus de Soupes, sur la rive gauche, on exploite une carrière de craie tendre pour en faire du blanc d'Espagne; mais la carrière a peu d'étendue. On trouve dans la craie beaucoup de silex tuberculeux, de formes bizarres et souvent délicates, et qui, sans aucun doute, ont pris naissance au sein même de la craie. Les corps organisés y sont rares et les mêmes qu'à Meudon.

Les quatre formations qui recouvrent la craie ont, comme le sol sur lequel elles se sont déposées, une pente très-prononcée vers le nord; aussi, du côté du midi, se présentent-elles toutes successivement sur leur tranche.

2°. L'argile plastique est la formation dominante dans le pays. Près de la ville, elle occupe le fond de la vallée, et elle s'élève presque jusqu'au niveau de l'étage moyen dont j'ai parlé. Au-delà de Soupes et de la petite rivière qui passe à

rivière, et dans lequel les arbres forestiers croissent très-rapidement. On a pris pour l'expérience des branches

---

Château-Landon, elle atteint le niveau de l'étage supérieur et elle couvre la plaine qui s'étend de l'Yonne à la Loire Elle consiste en silex brisés et roulés, en argile et en poudings. Les silex sont de toute grosseur et de toutes couleurs : ils proviennent probablement des bancs de craie qui ont été détruits : il y en a des amas énormes; l'argile se trouve par places ; tantôt elle est nuancée de jaune, de rouge et de vert, on l'exploite alors pour en faire des briques; et tantôt elle est blanche, comme à Plaignes, à la Colonne près Moret, etc., et on l'emploie pour fabriquer de la faïence dite *terre de pipe*. Les poudings sont composés des mêmes silex roulés que ceux qu'on trouve isolés, mais agglutinés par un ciment d'argile jaune ou rouge, durci par des infiltrations siliceuses. Ils sont très-durs et prennent un très-beau poli. On les trouve çà et là en blocs souvent énormes.

3°. Le calcaire d'eau douce inférieur existe à Nemours précisément au niveau de l'étage moyen, et il se montre à découvert à l'est jusqu'au-delà de la Seine; au sud, il remonte par une pente douce presque jusqu'au niveau de l'étage supérieur; au nord et à l'ouest, il se cache sous les grès et le calcaire supérieur, et on ne le voit que sur le flanc des montagnes et dans les ravins. Au midi, sur la rive droite du Loing, il ne va pas au-delà de 6 à 7 kilomètres; plus loin, toute la plaine est couverte par l'argile plastique et les silex roulés, qui lui sont inférieurs. Sur la gauche de la rivière, il s'étend sans interruption jusqu'à Château-Landon, et il se termine brusquement près de cette ville au bord de la petite rivière de Sceaux. On distingue partout dans cette formation deux bancs différens, mais qui souvent n'ont pas de limite tranchée : 1°. le

de moyenne grosseur : six mois après avoir été coupées, ces branches avaient perdu 0,40 de leur poids ; c'est dans

---

banc inférieur qui renferme beaucoup de silex roulés, semblables à ceux dont se composent les poudings, et qui, dans plusieurs endroits, semble se lier intimement à ces poudings par des nuances. 2°. Le banc supérieur, qui ne contient jamais de silex, mais dans lequel on trouve assez fréquemment des moules de coquilles d'eau douce. Ce dernier banc fournit des pierres de construction de grandes dimensions et d'excellente qualité. On l'exploite en plusieurs lieux, à Château-Landon, sur les hauteurs de Soupes, au Fay, à Nemours. Les carrières de Château-Landon qui appartiennent au Gouvernement, et qui sont affectées au service de la capitale, sont situées précisément à l'extrême limite de la formation. M. Girault vient de rouvrir à Nemours d'anciennes carrières desquelles on a évidemment extrait les matériaux qui ont servi à construire l'église et le château ; on en tire de fort belle pierre et qui prend même mieux le poli que celle de Chateau-Landon.

4°. La limite de la formation du grès et sable marins est encore plus rapprochée de Nemours que celle du calcaire inférieur. Sur la droite du Loing, elle se trouve près du lieu dit *roche de Pierre-le-Sot*; sur la gauche, elle suit une ligne qui passe par la Madeleine, le Tillet, et Butteau, village situé à 2 kilomètres de Château-Landon. Entre Nemours et la ligne limite le grès est à découvert ; jusqu'au Fay, on le suit sans interruption ; mais au-delà, il ne forme plus que quelques amas discontinus et peu épais, comme à la Madeleine, à Quenonville, etc., et il laisse par conséquent le calcaire à nu. A l'ouest et au nord, le grès s'étend jusqu'à une très-grande distance sous le calcaire supérieur. Entre le Loing

cet état de dessiccation qu'elles ont été brûlées. Les cendres étaient blanches.

---

et l'Essonne, on le trouve partout en fouillant à une petite profondeur, et il se montre même à découvert dans quelques dépressions du sol. A Malesherbes et à Dimancheville, l'Essonne coule dans le sable et dans le grès.

La formation de grès et sables marins se compose essentiellement de quartz hyalin en très-petits grains amorphes, mais non roulés. Ces grains sont souvent libres et à l'état de sable; d'autres fois ils sont agglutinés, et constituent ce qu'on appelle *du grès*. La matière qui a produit l'agglutination est le plus souvent calcaire, et quelquefois le calcaire s'est trouvé tellement abondant qu'il a pu cristalliser sous des formes régulières, au milieu même du sable : de là le grès cristallisé de Fontainebleau qu'on trouve aussi à Nemours dans la vallée des Châtaigniers. Souvent aussi la matière agglutinante est siliceuse, alors la roche prend le nom de *grès lustré*, parce que sa cassure est luisante et comme lustrée: cette variété n'est pas commune aux environs de Nemours. Enfin il y a des grès dont le ciment est métallique, mais ils ne se trouvent jamais en grandes masses. Près de Nemours, ils se présentent sous la forme de plaques contournées ordinairement très-minces qui courent au milieu des sables ou des grès calcaires : la matière métallique est un mélange d'hydrate de fer et d'hydrate de manganèse, mélange dans lequel le manganèse se trouve souvent en grande proportion.

On sait que les coquilles ne sont pas abondantes dans la formation des grès : on en rencontre rarement à Nemours, mais dans la carrière de sable du Butteau, près Château-Landon, il y a une si grande quantité d'huîtres que souvent on en trouve des amas considérables presque sans sable.

5°. Le calcaire d'eau douce supérieur n'existe à la droite

(8) Bois de Sainte-Lucie, crû à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. Les branches de grosseur moyenne

---

de la vallée que sur les rochers de grès de Darveaux et de Pouligny, encore n'y est-il qu'en couche très-mince et toute disloquée. A la gauche, il ne se présente non plus qu'en couche très-mince sur le bord des coteaux, à Puiselet, Ormesson, le Fay, Bougligny, le Tillet et Butteau; mais il s'étend sans discontinuité sur tout le plateau supérieur, et son épaisseur va continuellement en augmentant vers l'ouest. Autour de Puiseaux, il forme même des collines assez élevées; le pays qu'il recouvre est d'une grande fertilité et produit beaucoup de blé et de vin. Le calcaire de cette formation a le même aspect que celui de la formation inférieure, et il renferme les mêmes coquilles. On n'y a jamais trouvé de cailloux roulés, mais on y voit assez fréquemment du silex à l'état de meulière. Il y en a un exemple intéressant dans la carrière de Bissaux, sur l'Essonne, entre Briare et Malesherbes. Le fond de la carrière a atteint le grès et le sable; immédiatement au-dessus, on trouve un banc de calcaire pénétré de coquilles d'eau douce, puis vient un banc du même calcaire, dans lequel on rencontre des masses aplaties, et souvent d'un grand volume, de silex carié blanc ou grisâtre, et enfin, par-dessus, on exploite un troisième banc qui est fort épais, et qui ne contient que très-peu de coquilles et pas du tout de silex.

Vers Château-Landon, le calcaire inférieur au grès dans lequel les carrières sont ouvertes, et le calcaire supérieur, atteignent à-peu-près le même niveau, et comme sur tout le plateau qui est au nord de la ville jusqu'à Bassigny, le calcaire inférieur est à découvert, on l'a confondu pendant long-temps avec le calcaire supérieur. Les formations posté-

ont perdu 0,26 de leur poids en six mois de dessiccation dans une chambre. Les cendres étaient blanches.

(9) Bois de sureau à grappes, crû à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. On s'est servi de branchages qu'on a laissé sécher pendant un an. Les cendres étaient grisâtres.

(10) Arbre de Judée, crû à Nemours dans le même jardin que le tilleul. Des branches de grosseur moyenne ont perdu 0,27 de leur poids en six mois de dessiccation. Les cendres étaient blanches.

(11) Bois de noisetier, crû à Nemours dans le même jardin que le tilleul. Des branches et branchages ont éprouvé une diminution de poids de 0,33 en six mois de dessiccation. Les cendres étaient blanches.

(12) Bois de mûrier de la Chine, crû à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. Six mois après avoir été coupées, des branches moyennes avaient perdu 0,26 de leur poids. Les cendres étaient blanches.

---

rieures à l'argile platique se terminent toutes trois à une très-petite distance de Château-Landon. La ville est bâtie sur un promontoire de craie dure à silex. Tout le pays au sud et à l'est, indéfiniment, est couvert de cailloux roulés et de poudings; il en est de même à l'ouest jusqu'à Gasson; plus loin commencent le grès et le calcaire supérieur. Au nord, on voit encore un petit plateau couvert de cailloux, et ensuite on arrive aux carrières. Les travaux s'enfoncent jusque sur le banc de calcaire d'eau douce contenant des cailloux : sur les pentes, on aperçoit la limite de ce banc, et immédiatement au-dessous les cailloux et poudings de l'argile plastique, etc.

(13) Bois de mûrier blanc, crû à Nemours, dans le même jardin que le tilleul. En six mois de dessiccation, des branches de grosseur moyenne ont éprouvé une diminution de poids de 0,31. Les cendres étaient blanches.

(14) Bois de mûrier blanc, récolté dans les environs d'Aix, département des Bouches-du-Rhône. On sait que la végétation est très-riche dans les environs de cette ville. Le sol est calcaire et argileux.

(15) Bois d'oranger, crû en pleine terre dans le département des Bouches-du-Rhône. Les cendres étaient d'un blanc légèrement grisâtre.

(16) Bois de chêne blanc récolté dans le département des Bouches-du-Rhône. Les cendres étaient très-légères et blanches.

(17) Bois de chêne vert des Bouches-du-Rhône.

(18) Bois de bouleau récolté dans la forêt d'Orléans. Le sol de cette forêt est une argile sableuse remplie de cailloux. Les cendres étaient couleur de tabac claire; elles provenaient de tiges de fagotage très-sèches.

(19) Bois de faux ébénier, récolté dans le jardin de l'Ecole des Mines, attenant au Luxembourg. On s'est servi de branches moyennes, que l'on a découpées en petits morceaux, et que l'on a fait sécher sur un poêle pendant quinze jours. Les cendres étaient blanches. Ces cendres sont remarquables par la grande proportion d'acide phosphorique qu'elles contiennent. J'en ai trouvé encore davantage (jusqu'à 0,23) dans les cendres de la même espèce de bois récolté dans le jardin de Nemours déjà cité. Cet acide reste combiné à la chaux dans les matières insolubles; les sels alcalins en renferment seulement une trace. Comme l'acide fluorique ac-

compagne presque toujours l'acide phosphorique, il était possible que ces cendres en contînssent une quantité appréciable ; j'en ai fait la recherche. Pour cela, j'ai pris le résidu du traitement de $10^{g}$. des cendres par l'acide acétique, et je l'ai chauffé dans une petite cornue de verre avec de l'acide sulfurique concentré. La cornue n'a été dépolie dans aucune de ses parties, et l'eau dans laquelle j'ai reçu les vapeurs qui se sont dégagées, n'a pas donné la plus petite trace de silice. Il paraît donc, d'après cela, qu'il n'y avait pas d'acide fluorique.

(20) Charbon de châtaignier d'Allevard, département de l'Isère. Ce charbon provenait de taillis cultivés sur un sol de grauvachs et de calcaires de transition.

(21) Charbon d'aulne d'Allevard, provenant de taillis âgés de douze à quinze ans. Les cendres étaient jaunâtres.

(22) Charbon de sapin d'Allevard, provenant de bois âgés de quarante à cinquante ans. Les cendres étaient brunes.

(23) Bois de sapin de Norvège, morceau de planche que M. l'ingénieur Stroem a eu la complaisance d'enlever d'une des caisses qui lui avaient servi à transporter ses effets. Cette planche était très-sèche et très-nette ; elle ne pouvait pas avoir été mouillée par l'eau de la mer, puisque les effets qui avaient été renfermés dans la caisse se sont tous trouvés en très-bon état. Pendant la combustion, les cendres se ramollissaient et s'agglomeraient à mesure qu'elles se produisaient en certaine quantité ; et il a fallu les broyer et les griller à plusieurs reprises pour les obtenir sans mélange de charbon. Ces cendres

se distinguent de toutes celles que j'ai examinées, par la grande quantité de sels alcalins et d'oxides métalliques qu'elles contiennent. Il est remarquable aussi qu'elles renferment beaucoup plus de soude que de potasse : on pourrait les exploiter comme soudes naturelles, et ces soudes seraient comparables à celles qui nous viennent d'Espagne. Il était assez naturel de penser que la soude était accidentelle, et avait été introduite dans la planche par l'eau de la mer ; mais d'abord j'ai déjà dit que tout porte à croire que la planche n'a pas été mouillée, et ensuite, si elle l'eût été, il serait resté beaucoup de muriate de soude dans la cendre et non du carbonate, tandis qu'on n'y a trouvé qu'une trace d'acide muriatique. La silice est aussi en plus grande proportion dans la cendre de sapin de Norvège que dans les autres cendres de bois ; mais il s'en faut de beaucoup cependant qu'elle en soit la substance dominante, comme quelques métallurgistes l'avaient supposé.

(24) Charbon de pin du département des Basses-Alpes. Les cendres étaient d'un blanc grisâtre.

(25) Paille de froment récolté dans une terre forte et calcaire, à Puiselet, près Nemours. On en a enlevé les épis, et on en a séparé soigneusement toutes les mauvaises herbes. On l'a brûlée trois mois après la récolte. Quoiqu'on ait grillé long-temps la cendre dans une capsule de platine, elle est restée noire, et elle se frittait au contact de la capsule : on l'a alors fait digérer dans l'eau bouillante, et on a grillé de nouveau le résidu, qui n'était plus fusible, pour brûler le charbon. D'après les nombres insérés dans le tableau, on peut voir que les sels alcalins se composent de

| | |
|---|---|
| Muriate de potasse..... | 0,360 ; |
| Sulfate de potasse ..... | 0,043 ; |
| Silicate de potasse ($KS^2$... | 0,597 ; |
| Carbonate de potasse..... | traces. |
| | 1,000. |

La matière insoluble renferme 0,08 de potasse que l'on a compris dans le tableau avec le charbon et la perte. Cet alcali s'y trouve à l'état de sursilicate, ainsi que la chaux. La cendre non lavée serait composée de :

| | |
|---|---|
| Silice..... | 0,715 ; |
| Potasse combinée à la silice... | 0,130 ; |
| Chaux..... | 0,053 ; |
| Muriate de potasse ..... | 0,032 ; |
| Sulfate de potasse..... | 0,004 ; |
| Carbonate de potasse..... | traces ; |
| Oxide de fer ..... .... | 0,023 ; |
| Acide phosphorique..... | 0,011 ; |
| Charbon et perte ..... | 0,032. |
| | 1,000. |

M. de Saussure a publié, dans ses *Recherches sur la Végétation*, une analyse de la paille et des grains de froment, dont voici les résultats :

| | Paille. | Grains. |
|---|---|---|
| Potasse..... | 0,1250 | 0,2500 ; |
| Phosphate de potasse.. | 0,0500 | 0,3200 ; |
| Muriate de potasse.... | 0,0300 | 0,0016 ; |
| Sulfate de potasse..... | 0,0200 | trace ; |
| Phosphate terreux.... | 0,0620 | 0,4450 ; |
| Carbonate terreux .... | 0,0100 | 0,0000 ; |
| Silice..... | 0,6150 | 0,0050 ; |
| Oxides métalliques ... | 0,0100 | 0,0025 ; |
| Perte..... | 1,0780 | 0,0759. |
| | 0,0000 | 1,0000. |

Ces résultats, quant à la paille, diffèrent peu de ceux que j'ai obtenus, et font voir que les diverses parties d'une même plante peuvent produire des cendres de nature très-différente.

(26) Fannes de pommes de terre de Nemours, cultivées dans un sol très-sec, composé de sable quartzeux blanc et un peu calcaire. Elles ont été recueillies au moment de la récolte des tubercules. Après les avoir laissé sécher pendant plusieurs mois, on a brûlé séparément les tiges et les racines; leurs poids étaient dans le rapport de 7 à 1 : les tiges ont donné 0,162 de cendres, et les racines 0,080 seulement : ces cendres étaient très-blanches. Les cendres des tiges contenaient,

| | |
|---|---|
| Sels alcalins..... | 0,162 ; |
| Matières insolubles..... | 0,838. |

Les sels alcalins étaient composés de :

| | |
|---|---|
| Carbonate de potasse..... | 0,20 ; |
| Sulfate de potasse..... | 0,50 ; |
| Muriate de potasse..... | 0,30 ; |
| | 1,00 ; |

et les matières insolubles de :

| | |
|---|---|
| Silice gélatineuse et sable..... | 0,365 ; |
| Phosphate de chaux ..... | 0,130 ; |
| Carbonate de chaux et de magnésie. | 0,490 ; |
| Charbon..... | 0,015. |
| | 1,000. |

La quantité de sable mélangé peut être évaluée à 0,200 ; d'après cela, la proportion de cendres pures produites par les tiges ne serait que d'environ 0,13.

Les cendres des racines contenaient plus de sels alcalins que les cendres des tiges : elles en ont donné 0,09 à 0,10.

On peut conclure de ces données que les tiges et les racines réunies pourraient fournir $\frac{1}{150}$ de leur poids de sels de potasse, c'est-à-dire trois ou quatre fois autant que les bois les plus communs. Mais ces sels, ne contenant que peu de carbonate, seraient d'une qualité très-médiocre pour l'usage des buanderies, et ne pourraient guères servir que pour la fabrication du nitre et de l'alun. Au reste, ils seraient de première qualité qu'on ne trouverait aucun avantage à brûler les fanes pour en extraire l'alcali, ainsi qu'on l'a proposé ; car la valeur brute du produit de $100^{k.}$ de ces fanes sèches ne serait pas de plus de $1^{f.}$ ; or, il est évident que $100^{k.}$ de fanes vertes donneraient plus de profit en les employant à la nourriture des bestiaux.

(27) Tanaisie récoltée dans le jardin de Nemours déjà cité. Les cendres étaient blanches. Elles sont riches en alcali, et contiennent une très-grande proportion de silice.

(28) Racines de tabac de Saint-Mâlo. Ces racines ont été envoyées de Saint-Mâlo à moitié brûlées, ce qui a empêché de rechercher la proportion des cendres qu'elles produisent. Ces cendres sont très-pauvres en sels alcalins, et ceux-ci ne contiennent que le quart de leur poids de carbonate : il vaut donc mieux employer les racines comme engrais que de les brûler pour en extraire l'alcali.

Une première remarque que doit suggérer l'ensemble des analyses qui viennent d'être exposées, c'est qu'aucune ne présente d'alumine, quoique cette terre existe

dans tous les sols cultivables et souvent en proportion très-considérable. Si l'on en trouve quelquefois des traces dans les cendres, il est évident qu'elle provient d'une petite quantité d'argile qui peut rester adhérente aux racines des plantes, et se mélange ensuite avec les cendres. L'absence de l'alumine tient probablement à ce que cette terre est insoluble dans l'eau et à ce qu'elle n'a que des affinités très-faibles qui ne lui permettent pas de se combiner aux acides végétaux en présence de bases fortes, telles que la chaux, la magnésie et les protoxides de fer et de manganèse. La silice est rarement en grande quantité dans les cendres des bois; mais elle se trouve, au contraire, en proportion très-considérable dans les cendres de beaucoup de plantes, et notamment de celles de la famille des graminées. Cette substance peut être introduite dans les végétaux à la faveur de sa solubilité dans l'eau, et de la facilité avec laquelle elle se combine aux alcalis. Les acides sulfurique, muriatique et phosphorique ne peuvent provenir que des engrais et des débris des animaux.

Si l'on compare entre elles les cendres de bois de même espèce, crûs dans des terrains qui ne sont pas de même nature, on voit qu'elles peuvent différer assez notablement; ce qui prouve que le sol a de l'influence sur leur composition : la cendre de chêne du *causse* de la Roque-les-Arcs (5) n'est presque que du carbonate de chaux; tandis que celle du chêne de la Somme (4) contient beaucoup de magnésie et de phosphate de chaux : la cendre de mûrier blanc des Bouches-du-Rhône (14) contient à peine de l'acide phosphorique; celle du mûrier blanc de Nemours (13) en renferme au moins 0,10, etc.

Si l'on examine, au contraire, les cendres de végétaux différens crûs dans le même terrain (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (19) (27), on trouve que quand les espèces ont de l'analogie, les cendres ont beaucoup de rapport entre elles; mais que quand les végétaux sont de genres très-différens, les cendres sont aussi très-différentes (comparez (19) et (27) avec (7) (8) etc.); d'où il faut conclure que les plantes choisissent dans le sol les substances qui leur sont le plus propres, et que celles-ci ne s'y introduisent pas par simple succion capillaire ou par voie mécanique : aussi voit-on des arbres qui croissent dans un sol purement argileux et pierreux, tels que le bouleau d'Orléans (18), le châtaignier et l'aulne d'Allevard (20) (21), donner des cendres très-chargées de chaux, tandis que la cendre du froment de Puiselet (25) n'en contient presque pas, quoiqu'il soit cultivé dans un sol calcaire.

Enfin, ce qui achève de prouver que les substances qui sont fournies par le sol aux végétaux sont choisies par ceux-ci conformément à leur organisation et à leurs besoins, c'est que ces substances sont réparties d'une manière fort inégale dans les différentes parties d'un même végétal : ainsi, les grosses branches de chêne produisent 0,012 de cendres qui contiennent 0,15 de leur poids de sels alcalins, et l'écorce du même arbre produit 0,06 de cendres dans lesquelles on ne trouve que 0,05 de sels alcalins, qui ne contiennent pas d'acide phosphorique, et qui renferment plus de 0,07 d'oxide de manganèse. La cendre de paille de froment se compose presque uniquement de silicate de potasse, et les grains ne contiennent presque que du phosphate de chaux.

Les bois les plus productifs en sels alcalins sont le sureau à grappes et les branchages de tilleul qui en donnent $\frac{1}{200}$ de leur poids, le faux ébénier qui en donne $\frac{1}{250}$, et l'arbre de Judée qui en donne environ $\frac{1}{300}$. Le bois de chêne récolté dans le département du Lot en fournirait aussi environ $\frac{1}{300}$ de son poids.

---

## SUITE

## *Du Mémoire sur les Sulfo-Sels.*

PAR Mr J. BERZELIUS.

(Traduit du suédois par M. FULGENCE FRESNEL.)

### B. *Sulfarsénites.*

LE sulfide arsénieux est connu depuis si long-temps sous le nom d'*orpiment*, et a été si souvent traité par les chimistes, que je crois superflu de rappeler ici ses propriétés.

Les sulfarsénites se préparent comme les sulfarséniates, en substituant respectivement l'acide et le sulfide arsénieux à l'acide et au sulfide arséniques. Par une raison facile à concevoir, on ne peut pas les obtenir avec les sur-sulfures des métaux alcalins, mais ils se forment exclusivement par la voie sèche.

Les sulphydrates à base alcaline (c'est-à-dire, dont la base a pour radical un métal alcaligène) dissolvent le sulfide arsénieux jusqu'à ce que la dissolution contienne un bi-sulfarsénite. Les sulfures de barium, de calcium

et de magnésium ne comportent qu'un très-léger excès de sulfide arsénieux.

Les sulfarsénites à bases non colorées sont, à l'état neutre et basique, incolores, ou presque incolores, et leurs dissolutions sont incolores ou n'offrent qu'une légère teinte de jaune lorsqu'ils contiennent un excès de sulfide arsénieux. Les sels formés avec des bases colorées, c'est-à-dire, avec les sulfures métalliques proprement dits, ont en général la même couleur que les sulfarséniates, à la nuance près. Leur saveur et leur odeur ressemblent à celles des sulfarséniates correspondans.

Les meilleurs procédés de préparation les donnent ou sous forme solide, ou en dissolution étendue; les sels basiques se conservent mieux que les sels neutres ou *acides* (c'est-à-dire avec excès de sulfide arsénieux). Etant évaporées, les dissolutions de ces sels se colorent en jaune-brun à un certain degré de concentration, et déposent ensuite une poudre brune, ce qui continue d'avoir lieu jusqu'à ce que le sel soit complètement desséché; alors il se trouve en grande partie décomposé en sulfarséniate et hypo-sulfarsénite. L'eau dissout ensuite le sulfarséniate et laisse en résidu l'hypo-sulfarsénite brun, que l'on peut néanmoins dissoudre dans la liqueur en la faisant bouillir, d'où résulte vraisemblablement la recomposition du sulfarsénite. La même décomposition a encore lieu avec l'alcool, qui précipite les sulfarsénites basiques, lesquels noircissent l'instant d'après par la séparation d'une combinaison brun-foncé, plus riche en arsenic. Les sels à base alcaline subissent cette altération, soit qu'ils contiennent ou non un excès de base. Quant

aux sels formés avec les sulfures de barium, strontium, calcium et magnésium, ils ne présentent ce phénomène qu'autant qu'ils sont saturés de sulfide arsénieux.

Le sulfide arsénieux se dissout aisément dans la potasse et la soude caustiques, et si la dissolution a lieu à froid, on obtient une liqueur presque incolore, qui, filtrée et chauffée jusqu'à l'ébullition, se colore en brun-foncé, et finit par déposer une poudre brune : plus la liqueur est concentrée, plus le dépôt est copieux et se forme aisément. Cette poudre brune est presque noire après la dessiccation, et jouit des propriétés suivantes : insoluble dans l'eau, elle se dissout facilement dans l'acide nitrique et l'eau régale. Par la distillation, elle donne premièrement de l'arsenic sulfuré, puis de l'arsenic métallique, et laisse un très-petit résidu de sulfarséniate. Lorsqu'elle a été bien lavée avant la dessiccation, puis traitée par l'acide muriatique, elle donne un résidu qui est noir, et contient quelques substances étrangères provenant de l'orpiment natif. J'y ai trouvé du sélénium et du cuivre. — Je reviendrai plus loin sur cette substance.

Je n'ai pas besoin d'avertir que la formation de ce corps qui contient l'arsenic en surabondance, vient de ce qu'une partie du sulfarsénite se transforme durant l'ébullition en sulfarséniate.

Les sulfarsénites à base alcaline (1) ne se décomposent point par la chaleur rouge dans l'appareil distillatoire.

---

(1) C'est-à-dire, dont la base est un sulfure ayant pour radical un des métaux générateurs des alcalis.

(*Note du Traducteur.*)

Les autres perdent dans le même cas une proportion plus ou moins forte de leur sulfide arsénieux.

L'alcool les décompose de la même manière que les sulfarséniates, mais sans donner naissance à un sur-sulfure d'arsenic. Les sels basiques qui sont précipités par l'alcool ne se conservent qu'autant que la dissolution n'est pas complètement saturée de sulfide arsénieux.

Les altérations produites dans les sulfarsénites par les acides et les bases salifiables sont analogues à celles que les mêmes substances font éprouver aux sulfarséniates. Les oxi-bases facilement réductibles, ou les oxides proprement dits, forment à froid des arsénites, et au moyen de l'ébullition, des arséniates, avec les sulfarsénites, tandis que le métal réduit se combine avec le soufre mis en liberté, et donne naissance à un sulfarsénite basique.

En dissolution, ils subissent à l'air la même altération que les sulfarséniates, mais ne déposent point de soufre.

Les *sulfarsénites potassique*, *sodique* et *lithique* ne s'obtiennent qu'en dissolution étendue, ou bien sous forme anhydre étant préparés par la voie sèche.

Si l'on fait fondre du sulfide arsénieux avec du carbonate de potasse, et que l'on chasse par la distillation l'excès de sulfide arsénieux, on obtient du bi-sulfarsénite potassique, d'où l'eau tire un sulfarséniate neutre en laissant un sel rouge insoluble qui consiste en per-sulfarsénite et hypo-sulfarsénite potassiques. L'ammoniaque caustique dissout le premier et isole le second.

*Le sulfarsénite ammonique* se prépare en dissolvant le sulfide arsénieux, soit dans du sulphydrate ammoni-

que (hydro-sulfate d'ammoniaque), soit dans l'ammoniaque caustique. Il se décompose par l'évaporation spontanée, et laisse une poudre brune consistant en un mélange de sulfide arsénique avec un sulfure d'un degré inférieur. Lorsqu'une dissolution dans l'ammoniaque caustique est abandonnée à l'évaporation spontanée, la masse qui reste est d'un jaune orangé. Le carbonate d'ammoniaque dissout le sulfide arsénieux à l'aide de l'ébullition.

En mêlant de l'alcool avec une dissolution du sel neutre, on obtient un précipité blanc, cristallin, qui devient brun après quelques instans. Mais si la dissolution a été préalablement traitée par un excès de sulphydrate ammonique, on obtient une liqueur laiteuse qui se clarifie peu à peu, tandis qu'il se dépose de légers cristaux blancs, penniformes, qui ne sont autre chose que le sel basique $= 3\,Am^2S + AsS^3$. Recueillis sur le filtre et lavés à l'alcool, ils sont blancs, mais jaunissent à l'air en dégageant du sulfure d'ammonium, et finissent par laisser un résidu de sulfide arsénieux. — Tout ce qui reste de sulfide arsénieux après l'évaporation, retient une certaine quantité de sulfure d'ammonium, et donne de l'ammoniaque étant traité par la potasse.

Si, après avoir réduit du sulfide arsénieux en poudre impalpable (en combinant la trituration avec le lavage et la décantation), on fait sécher la poudre obtenue et qu'on la plonge dans du gaz ammoniac, elle en absorbera un peu sans changer d'aspect. L'eau en séparera ensuite une petite quantité d'arsénite d'ammoniaque et de sulf-arsénite ammonique. A l'air libre, le gaz ammoniac se dégagera très-rapidement.

*Sulfarsénite de barium.* Il forme une liqueur presque incolore qui se change par la dessiccation en une substance gommeuse, laquelle est d'un beau brun-rouge après avoir été complètement desséchée. Elle se redissout ensuite intégralement dans l'eau sans la colorer. L'alcool précipite de cette dissolution un sel basique sous forme de flocons cristallins. On l'obtient encore en faisant digérer du sulfide arsénieux avec un excès de sulfure de barium; il se dissout difficilement dans l'eau et dépose, par l'évaporation à l'air libre, des flocons blancs et ténus de sel basique, mêlés avec des cristaux transparens et microscopiques de sulfate de baryte.

Le *sulfarsénite calcique* s'obtient aisément en faisant macérer du sulfide arsénieux avec de l'hydrate de chaux et de l'eau; l'arsénite de chaux qui se forme en même temps reste en non-solution. La dissolution est incolore, et donne, par l'évaporation spontanée, de fins cristaux penniformes d'un sel basique, entre lesquels le sel neutre se dessèche en une masse brune non cristallisée. — Si l'on fait macérer le sel neutre avec une nouvelle quantité de sulfide arsénieux, il en absorbe encore une portion et devient jaune, mais ne tarde pas à déposer une poudre brune. Livré alors à une évaporation spontanée, il devient peu à peu d'un brun-rouge clair, et laisse, en se dissolvant, de l'hypo-sulfarsénite calcique en non-solution, tandis que l'eau se charge d'un sulfarséniate. Si, avant d'évaporer cette dissolution, on la précipite par l'alcool, le précipité devient brun au bout de quelques instans.

En mêlant de l'alcool à une dissolution filtrée d'un sel qui contient un excès de sulfure de calcium, on ob-

tient un précipité cristallin blanc que j'ai analysé. Il a donné :

| | |
|---|---|
| Sulfure de calcium, | 29,80 ; |
| Sulfide arsénieux, | 33,55 ; |
| Eau, | 36,65 ; |

résultat qui répond à la formule

$$3CaS^2 + 2AsS^3 + 30Aq,$$

et montre que les sels basiques du sulfide arsénieux contiennent les radicaux du sulfide et du sulfure dans le même rapport que les sulfo-arséniates et les oxi-arséniates.

La dissolution alcoolique ne contient point de bisulfarsénite, mais bien le sel neutre, ou $CaS^2 + AsS^3$.

Le *sulfarsénite magnésique* est très-soluble dans l'eau, devient d'un brun clair par l'évaporation, se sèche en une masse visqueuse qui finit par se durcir, et dès-lors ne s'altère plus à l'air. Il laisse un peu d'hypo-sulfarsénite brun en non-solution lorsqu'on le redissout dans l'eau, et en dépose de nouvelles portions chaque fois qu'on l'évapore. Il se dissout intégralement et facilement dans l'alcool. Si on laisse exposée à une température de — 5° une dissolution concentrée de ce sel dans l'eau, elle dépose à-la-fois et des cristaux incolores et striés de sulfarséniate basique et une masse non cristallisée d'un brun-rougeâtre foncé, consistant en hypo-sulfarsénite magnésique.

Le *sulfarsénite glucinique* (1) donne un précipité jaune-

(1) Les précipités qui constituent les sulfarsénites suivans furent extraits de solutions métalliques neutres, traitées par

clair, sans odeur d'hydrogène sulfuré. La liqueur surnageante est jaune, ce qui prouve que le précipité y est soluble. Il conserve sa couleur dans la dessiccation. Répand une faible odeur d'hydrogène sulfuré lorsqu'on le traite par les acides. L'ammoniaque caustique dissout le sulfide arsénieux, et laisse en non-solution de la glucine régénérée.

Les *sulfarsénites yttrique* et *aluminique* se comportent semblablement.

Le *sulfarsénite zirconique* forme un précipité orangé, qui devient plus foncé en se desséchant, et n'est point décomposé par les acides. La liqueur dont on l'a précipité est jaune, d'où l'on voit qu'il peut s'y dissoudre.

Le *sulfarsénite manganeux* donne un précipité rouge-orangé, qui devient plus foncé par la dessiccation; mais qui, étant broyé, offre une belle couleur d'un jaune intense. Distillé, il donne du sulfide arsénieux, et laisse pour résidu une substance vert-jaunâtre, qui ne se décompose plus. Elle est pulvérulente et tout-à-fait infusible. L'acide muriatique y dissout du manganèse avec dégagement d'hydrogène sulfuré, et en sépare du sulfide arsénieux. C'est un sel basique anhydre.

Le *sulfarsénite de zinc* donne un précipité volumineux d'un jaune citron; la liqueur est incolore. Le précipité sec est orangé-pâle. Chauffé jusqu'au rouge dans l'appareil distillatoire, il abandonne une portion de

---

une solution saturée de sulfide arsénieux dans le sulphydrate sodique, solution dont la composition est représentée par $NaS^2 + 2AsS^3$, et qui consiste par conséquent en bi-sulfarsénite.

son sulfide arsénieux, et laisse en résidu un corps jaune, dur et agglutiné, qui est un sel basique. A la température où le verre entre en fusion, il abandonne sa dernière portion de sulfide arsénieux et laisse un résidu de sulfure de zinc.

Le *sulfarsénite céreux* donne un précipité d'un très-bel orangé, semblable au chromate de plomb. La liqueur super-stagnante est jaune. La couleur devient plus belle par la dessiccation. Ce sel fond au rouge naissant et devient transparent; il abandonne ensuite une partie de son sulfide arsénieux, mais conserve sa liquidité et sa transparence. La masse fondue se grille aisément à l'air, et donne un sulfate.

Le *sulfarsénite ferreux* forme un précipité brun-foncé, presque noir, qui se dissout en jaune-brun dans un excès du précipitant. Il devient brun-grisâtre en se desséchant, et donne par la trituration une poudre verdâtre foncée, qui est une combinaison d'oxide de fer avec le sel suivant. Etant distillé, ce sel donne de l'acide sulfureux et du sulfure d'arsenic, et laisse du sulfure de fer exempt de mélange arsenical.

Le *sulfarsénite ferrique* forme un précipité vert-olive; la liqueur est verdâtre. Un excès du précipitant le dissout en noir. Il est vert après la dessiccation, et donne une poudre d'un beau vert jaunâtre. Il fond très-facilement, devient translucide et jaunâtre; la poudre du sel fondu est d'un jaune verdâtre, à-peu-près comme avant la fusion. Distillé, il se décompose à la température rouge et laisse du sulfure de fer pur de tout mélange d'arsenic.

Le *sulfarsénite cobaltique* donne un précipité brun-

foncé. La liqueur super-stagnante a la même couleur, mais finit par s'éclaircir. Ce sel se dissout dans un excès du précipitant; il devient noir en se desséchant. Il donne du sulfide arsénieux par la distillation, et laisse une masse métallique, grise, qui n'a pas subi la fusion, qui contient du soufre et de l'arsenic, et a vraisemblablement la même composition que le *koboltglans* (cobalt gris d'Haüy).

Le *sulfarsénite niccolique* est un précipité noir qui conserve cette couleur après la dessiccation, et donne une poudre noire; dans la distillation, il abandonne aisément son sulfide arsénieux, et laisse un résidu concrétionné consistant en sulfure jaune de nickel.

Le *sulfarsénite cadmique* constitue un précipité d'un jaune pâle, qui prend en se desséchant une belle couleur orangée. Il fond à demi par l'action de la chaleur, et donne dans la distillation une partie de son sulfide arsénieux, après quoi il reste une substance grise, boursoufflée, ayant l'éclat métallique, qui donne une poudre d'un jaune foncé, et qui, contenant à-la-fois de l'arsenic et du soufre, doit être considérée comme une combinaison basique.

Le *sulfarsénite plombique* donne un précipité brun-rougeâtre, qui devient noir en masse. Desséché et trituré, il donne une poudre brune qui se tasse sous le pilon, et paraît alors éclatante et d'un gris d'acier. Il se fond aisément en conservant son sulfide arsénieux. La masse fondue est grise, métallique, offre une cassure cristalline, éclatante, et donne une poudre métallique grise.

Le *sulfarsénite stanneux* forme un précipité d'un

un-rougeâtre foncé, qui garde sa couleur en se des-
hant. Il est infusible, et donne, par la distillation,
e partie de son sulfide arsénieux en laissant pour ré-
u une masse métallique, grise et poreuse, qui con-
nt de l'arsenic et du soufre.

Le *sulfarsénite stannique* forme un précipité jaune
ucilagineux, qui devient orangé par la dessiccation,
donne une poudre d'un beau jaune. Dans la distil-
tion, il se comporte comme le précédent.

Le *sulfarsénite bismuthique* donne un précipité brun-
ouge, qui noircit en séchant. La poudre en est d'un
run-noirâtre. Il se fond aisément, rend, à une tem-
érature élevée, du sulfide arsénieux, et laisse une
nasse fondue qui n'éprouve point d'altération ulté-
ieure. Elle est grise, a l'éclat métallique, la cassure
ristalline, et donne une poudre métallique de cou-
eur grise. C'est un sulfarsénite basique.

Le *sulfarsénite uranique* est un précipité jaune-foncé,
qui, après la dessiccation, tire un peu sur le vert, et
lont la poudre est d'un jaune-clair sale. Soumis à l'ac-
ion de la chaleur, il se fond à demi, et abandonne
une partie de son sulfide arsénieux; après une incandes-
cence prolongée dans l'appareil distillatoire, il laisse
une masse poreuse d'un brun grisâtre, qui n'a pas subi
la fusion, et dont la poudre est tout-à-fait semblable à
celle que donne l'urane réduit. Elle renferme de l'ar-
senic et du soufre, et paraît être du *sulfarsénite ura-
neux basique.*

Le *sulfarsénite cuprique* forme un précipité brun-
foncé, qui devient brun-noirâtre par la dessiccation. Il
*se tasse* dans la trituration, devient gris et prend l'éclat

métallique. Distillé, il donne d'abord du soufre, puis du sulfide arsénieux, et laisse une substance boursoufflée, grise, à demi fondue, offrant l'éclat métallique, et donnant une poudre métallique grise. Cette substance paraît être du *sulfarsénite cuivreux*. Les *Fahlerze* arsénicaux (cuivres gris) qu'on rencontre dans le règne minéral appartiennent sans doute à ce genre de combinaisons. — J'ai fait voir ailleurs (1) que si l'on décompose une solution de bi-sulfarsénite potassique au moyen de l'hydrate d'oxide de cuivre encore humide, ajouté par petites portions jusqu'à ce que la couleur de cet hydrate n'éprouve plus d'altération, on obtient un sel de cuivre dont une portion se dissout dans la liqueur en rouge orangé, tandis que l'autre reste en non-solution. Si l'on traite par l'acide muriatique la partie dissoute, on obtient un précipité brun-clair qui est du sulfarsénite cuprique basique ordinaire, ou du sulfarsénite sesqui-cuprique $= 3\,CuS^2 + 2\,AsS^3$; la portion insoluble est encore plus basique; c'est du sulfarsénite sexi-cuprique $= 6\,CuS^2 + AsS^3$.

Le *sulfarsénite hydrargyreux* donne un précipité noir, ou, si le sel de mercure contient de l'oxide, d'un vert grisâtre. En distillation, il décrépite avec une violence qui tient de l'explosion, et dégage en même temps du mercure métallique, après quoi se distille une substance qui est la combinaison suivante :

Le *sulfarsénite hydrargyrique* forme un précipité floconneux, rouge-orangé, qui, lorsque la liqueur con-

---

(1) *Transactions de l'Académie royale des Sciences*, 1821, p. 124.

tient un excès de chloride de mercure, devient bientôt tout blanc. Si c'est le bi-sulfarsénite sodique qui domine, le sel conserve sa couleur orangée. Par la dessiccation, il devient brun-foncé; mais sa poudre est jaune-foncé. Il se fond d'abord, et ensuite se sublime. Le sublimé vu sur ses bords (ou en lames minces) est translucide et jaunâtre. Sa cassure transversale est grise et présente l'éclat métallique. Il donne une poudre jaune, comme avant la sublimation, lorsqu'on pousse la trituration assez loin. Ce sublimé est du bi-sulfarsénite hydrargyrique. — Celui qu'on obtient par la décomposition du sel précédent, alors qu'il s'en dégage du mercure métallique, est du sulfarsénite hydrargyrique neutre; son sublimé est d'un brun presque noir, éclatant, opaque, et donne une poudre rouge-sombre.

Le *sulfarsénite argentique* forme un précipité brun-clair, qui dans les premiers instans est transparent, mais devient noir en plus grande masse. Il donne du sulfide arsénieux par la distillation, puis se fond et en donne encore une nouvelle quantité jusqu'à ce qu'il ne reste plus que le sel neutre, lequel ne subit aucune altération ultérieure. C'est une masse métallique noire, qui donne par la trituration une poudre brun-clair semblable au précipité considéré dans les premiers instans de sa formation. Si l'on mêle une dissolution saturée de chloride d'argent dans l'ammoniaque caustique avec un bi-sulfarsénite, il en résulte un précipité jaune-foncé (1) qui est du sulfarsénite sexi-argentique $= 6\,AgS^2 + AsS^3$.

---

(1) *Voyez* le passage précédemment cité, p. 124. 1821. *Trans. de l'Acad. des Sc.*

Le *sulfarsénite platinique* donne un précipité qui d'abord est jaune-foncé, mais se rembrunit ensuite, et finit par devenir brun-foncé. Desséché, il est noir et donne une poudre d'un brun sombre. En distillation, il se fond après avoir aisément dégagé une partie de son sulfide arsénieux. La masse fondue est noire, offre une cassure vitreuse et donne une poudre métallique grise. Chauffé jusqu'au rouge-blanc dans l'appareil distillatoire, il abandonne une nouvelle partie de sulfide arsénieux, et se contracte en une masse poreuse d'une teinte plus claire. A cet état, il contient encore de l'arsenic et du soufre, et se fond aisément au chalumeau.

Le *sulfarsénite aurique* forme un précipité jaune, qui se rembrunit, se rassemble et finit par devenir presque noir. Desséché et trituré, il donne une poudre d'un brun-jaunâtre foncé. Il entre aisément en fusion, abandonne au rouge naissant une portion de son sulfide arsénieux et reste liquide. Après le refroidissement, il est transparent et d'un rouge-jaunâtre foncé. Réduite en poudre, la masse fondue est d'un brun foncé; mais si l'on y ajoute de l'eau et que l'on continue la trituration, cette poudre prend un éclat tout-à-fait métallique, et offre l'aspect de l'or réduit. Cependant la liqueur ne tient rien en dissolution. Chauffée jusqu'au rouge-blanc, la masse fondue finit par laisser de l'or métallique.

Le *sulfarsénite antimonieux* forme un précipité rouge-orangé, qui se fond aisément en une masse transparente d'un jaune orangé.

Le *sulfarsénite molybdique* donne un précipité brun, qui, desséché, est noir et donne une poudre d'un brun

foncé. Il abandonne aisément son sulfide arsénieux dans la distillation, et laisse du sulfure de molybdène.

Le *sulfarsénite chromeux* est un précipité d'un jaune-grisâtre sale, qui, desséché, est d'un jaune tirant sur le vert. Il donne en se fondant du sulfide arsénieux. La masse fondue est d'un gris-foncé, éclatante, et donne une poudre d'un gris noirâtre tirant un peu sur le vert. A une température encore plus élevée (que celle qui produit la fusion), il rend une nouvelle quantité de sulfide arsénieux, et laisse un résidu formant une masse grise pulvérulente, qui ressemble à du sulfure de chrôme, prend le poli sous le pilon d'agate, paraît fine au toucher et s'étend sur la peau. C'est cependant encore un sulfarsénite. Chauffé à l'air, il s'enflamme, et se transforme, par la combustion, en oxidule de chrôme, avec dégagement d'acides sulfureux et arsénieux.

### C. *Hypo-Sulfarsénites.*

Le *sulfide hypo-arsénieux* est la même chose que le *réalgar,* connu depuis long-temps des chimistes. On peut le combiner avec les bases-à-soufre, mais non pas directement; car si on le fait digérer avec le sulfure de potassium ou avec la potasse caustique, il se décompose et donne la poudre brun-noirâtre dont nous avons déjà parlé, laquelle est formée d'arsenic sulfuré au *minimum.* De là vient aussi que l'arsenic métallique n'est point dissous par les sulfarsénites avec lesquels on le fait digérer. Mais que l'on fonde du sulfarsénite potassique avec de l'arsenic, et l'on obtiendra de l'hypo-sulfarsénite potassique : ce dernier sel se boursouffle

aisément quand on veut en chasser l'excès d'arsenic, et se décompose dans l'eau tout comme le réalgar dans la potasse.

Si l'on fait bouillir du sulfide arsénieux avec du carbonate de potasse ou de soude en dissolution suffisamment concentrée, et qu'on le filtre tout chaud, il passe au travers du filtre une liqueur incolore qui, refroidie, forme, en un intervalle de douze heures, un abondant dépôt tout-à-fait semblable au kermès minéral. Cette substance est de l'*hypo-sulfarsénite potassique* ou *sodique*. Elle est par elle-même soluble dans l'eau, mais s'en sépare lorsque celle-ci tient en dissolution du sulfarséniate potassique. On la recueille en conséquence sur le filtre, et après que la liqueur a passé, on y verse à deux ou trois reprises une quantité d'eau extrêmement petite. Aussitôt le sel se boursouffle et prend une consistance gélatineuse, et la liqueur qui passe est orangée. Elle se représipite si on la réunit à la première liqueur filtrée, et alors on projette une nouvelle quantité d'eau sur le sel. La dissolution qui passe au travers du filtre est en masse d'un beau rouge-foncé. Par l'évaporation, elle se prend en gelée avant de se dessécher, probablement à cause du sulfar éniate qu'elle retient, lequel tend à chasser l'hypo-sulfarsénite de l'eau où il est dissous, puis enfin se dessèche en une masse rouge transparente. La dissolution renferme un *sel basique*, et la poudre brune qui reste sur le filtre, poudre absolument insoluble dans l'eau, est du *bis-hyposulfarsénite potassique*. Elle se fond aisément par l'action de la chaleur, ne donne aucun produit volatil, et laisse une masse translucide, rouge-foncé, insoluble dans

l'eau. La potasse caustique la dissout avec les mêmes phénomènes que le réalgar.

J'ai dit que les sels solubles formés avec les radicaux des alcalis et des terres alcalines, étant saturés de sulfide arsénieux, laissent, par l'évaporation spontanée, des combinaisons insolubles d'un rouge foncé; elles sont identiques avec celles dont il s'agit maintenant. Les combinaisons qui proviennent des sels formés avec les radicaux des terres alcalines s'obtiennent par une double décomposition, en versant goutte à goutte le sel soluble de potassium dans les diverses dissolutions des autres sels.

Le glucinium, l'yttrium, et l'aluminium ne paraissent point former de combinaisons avec ce corps (1), parce que la dissolution rouge donne des précipités clairs avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

Avec le sulfure de zirconium, il donne lieu à un précipité brun-foncé qui cristallise lentement. Avec le manganèse, le zinc et le cérium, on obtient encore des précipités rouges ou jaune-foncé différens de ceux qui sont formés avec le sulfide arsénique et le sulfide arsénieux; mais les autres métaux donnent lieu à des précipités semblables en tout aux sulfarsénites correspondans.

*Addition.* Le corps brun qui est produit lorsqu'on traite $AsS^3$ ou $AsS^2$ par un alcali caustique, m'a paru mériter un examen particulier, quoiqu'étranger à l'ob-

---

(1) On peut juger par cette phrase traduite littéralement, jusqu'à quel point le langage de M. Berzelius est parfois elliptique; — *intelligenti pauca.*

(*Note du Traducteur.*)

jet principal de ce Mémoire. Il était naturel de le considérer comme résultant de la combinaison de 1 atome d'arsenic avec 1 atome de soufre; mais cette présomption demandait à être confirmée par l'analyse; et l'analyse l'a détruite.

52 grammes de réalgar pulvérisé (préparé avec de l'acide arsénieux, de la poudre de charbon et un peu moins de soufre que n'en exige la saturation de l'arsenic, le tout distillé pour en chasser l'excédant d'arsenic métallique), furent mêlés dans un flacon avec de la soude caustique portée à un certain degré de concentration, et après avoir bouché le flacon, on fit digérer le mélange à une température de 80° durant un laps de plusieurs jours. Dans le cours des deux premières heures, la masse prit un aspect brun-noirâtre, et dès-lors ne s'altéra plus. Après filtration et lavage, j'obtins 22 grammes d'arsenic sulfuré brun.

Pour déterminer sa composition d'une manière facile, j'en introduisis une portion séchée (1) dans un tube de verre d'un diamètre suffisant, et dont une extrémité avait été fermée à la lampe; ayant fait le vide dans ce tube, je chauffai la masse premièrement dans l'eau bouillante, ce qui donna 0,6 d'humidité, puis sur la flamme de la lampe à esprit-de-vin, d'où résulta au moment de la sublimation naissante un nouveau dégagement d'humidité

(1) Durant la dessiccation d'une portion de cette masse à une température qui n'altérait point son véhicule formé de plusieurs doubles de papier, elle entra en ignition et déposa du sulfure d'arsenic en poudre jaune, et de l'acide arsénieux en cristaux sublimés, éclatans.

formant avec le premier un total de 1,8 pour cent du poids de la combinaison arsenicale. La sublimation terminée, il restait au fond du tube un résidu de peu de masse, qui avait subi la fusion. Le sublimé était formé de deux couches peu distinctes, dont la supérieure, douée d'une grande fusibilité, paraissait translucide et brun-jaunâtre, étant vue par transmission et en lames minces, et d'une couleur foncée, presque noire, et toute différente de celle du réalgar, étant vue par réflexion. La couche inférieure consistait en arsenic métallique pur et cristallisé. La première formait 33,1 pour cent du poids de la combinaison. Traitée par l'eau régale, elle se décomposa très-lentement, et sans laisser en soufre plus de 0,3 pour cent du poids de la matière d'essai ; la dissolution obtenue étant précipitée par le chloride de barium, donna 0,232 gr. de sulfate de baryte, correspondant à 3,2 p. c. de soufre, ou à 3,5 en prenant le total du soufre contenu dans la matière d'essai, ce qui fait 10,57 p. c. du sulfure dissous.

Au fond du tube était un résidu de 6,15 p. c. consistant en hypo-sulfarsénite calcique avec excès de base, et dont le calcium provenant vraisemblablement de la soude employée au commencement de l'opération, ne faisait point partie de la substance objet de mon analyse. Le poids de celle-ci, déduction faite de l'humidité et du résidu non volatil, se trouvait donc égal à 92 p. c. de la matière d'essai. Or, ces 92 parties contenant 3,5 de soufre, 100 parties de la même substance doivent en contenir 3,8.

Dans une autre analyse faite de la même manière, j'obtins 6,06 p. c. de résidu non volatil, et 2,33 p. c.

d'humidité. La totalité du sublimé dissous dans l'eau régale donna 0,225 gr. de sulfate de baryte, correspondant à 3,1 p. c. de soufre, ou à 3,38 p. c. de la combinaison proprement dite.

Une autre portion du sulfure brun d'arsenic, étant dissoute immédiatement dans l'eau régale, donna 2 p. c. de soufre en non-solution, et 10,45 p. c. de sulfate de baryte, correspondant à 1,44 de soufre ou à un total de 3,44 p. c.

La faible proportion de soufre contenue dans cette combinaison ne s'accorde avec aucun des degrés de sulfuration connus. Une combinaison de 6 at. d'arsenic avec 1 at. de soufre consiste en

| | |
|---|---|
| Arsenic, | 96,53; |
| Soufre, | 3,47. |

L'on voit que cette hypothèse atomistique s'accorde avec les résultats obtenus quant aux proportions. On pourrait supposer que le sulfure brun dont il s'agit est formé d'hydrogène arséniqué solide, combiné avec de l'arsenic sulfuré. Je ne saurais nier absolument la possibilité de cette combinaison, mais je ne la crois pas vraisemblable, vu que durant les sublimations que j'ai opérées dans un espace vide d'air et très-resserré, le baromètre de la machine pneumatique n'a point varié de l'épaisseur d'un cheveu dans tout le cours de l'expérience : or, il aurait dû éprouver des variations sensibles s'il y avait eu dégagement d'hydrogène. On ne réussit point à déterminer un contenu d'hydrogène par la combustion dans l'oxigène, quand la combinaison que l'on traite n'abandonne son eau qu'à une haute

température. Je n'ai jamais obtenu celle dont il s'agit à un tel degré de pureté qu'elle ne laissât un résidu à la sublimation. En essayant d'entraîner l'hypo-sulfarsénite par un acide, j'aurais altéré le résultat, parce que le sulfide hypo-arsénieux se serait séparé et mêlé avec la combinaison brune. Lorsqu'on opère la sublimation dans le vide, il est retenu par la base sulfurée.

Le sulfure arsenical de couleur foncée que l'on obtient en mêlant du réalgar ou de l'orpiment avec un grand excès d'arsenic métallique, et sublimant le mélange, diffère, par ses caractères extérieurs, du réalgar $AsS^2$, et paraît être une autre combinaison de l'arsenic et du soufre. D'après l'analyse que j'ai rapportée plus haut et de laquelle il résulte que ce sulfure contient 10,57 p. c. de soufre, on peut croire qu'il est voisin de la formule $As^2S$; mais il est probable que sa composition est différente, parce qu'il n'est pas possible, dans une expérience de la nature de celle qui a été décrite ci-devant, d'obtenir la totalité du sulfure sans entraîner avec lui une quantité notable d'arsenic libre qui s'y est déposé.

(*Sulfo-phosphates.* Il était naturel d'inférer de la concordance frappante qui existe entre les arséniates et les phosphates, qu'une pareille homologie devait avoir lieu entre les sulfo-sels de l'arsenic et du phosphore. En traitant le phosphore par l'hépar, je m'étais convaincu de l'existence des sulfo-phosphates, et j'allais me mettre à les étudier en détail, lorsque je reçus de M. le professeur Heinrich Rose, de Berlin, une lettre où il m'annonçait la découverte qu'il venait de faire des mêmes sels à l'occasion d'un travail sur les com-

binaisons du phosphore, et l'examen qu'il en avait entrepris. — Content de savoir cette branche de mes recherches en d'aussi bonnes mains, j'ai procédé à l'étude des sulfo-sels de molybdène.)

(*La suite paraîtra dans le prochain Cahier.*)

---

## Appendice *au 4e Mémoire sur les Canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses.*

Par Mr P. S. Girard.

Ne voulant point indiquer dans les travaux d'autrui des imperfections dont les miens pouvaient offrir l'exemple, j'ai appliqué à la distribution des écluses du canal de Saint-Denis, tel que je le projetai en 1811, les principes théoriques que j'ai développés depuis sur cette importante matière, et j'ai fait voir comment, en triplant le nombre des écluses que je proposai d'établir sur ce canal, on aurait obtenu, sans augmenter les dépenses de leur construction, le très-grand avantage de réduire, dans le rapport de 19 à 8, le volume d'eau nécessaire à l'entretien de la navigation.

Le projet général du canal de Saint-Denis fut approuvé le 27 avril 1811, et le 29 du même mois j'en remis les plans et les nivellemens à M. l'ingénieur ordinaire de Villiers, qui venait d'être attaché à l'exécution de cet important projet.

Le tracé et le profil transversal du canal de Saint-

enis n'ont, à ma connaissance, subi aucun changement.

Il n'a été exécuté ni plus ni moins de ponts fixes ou mobiles que je n'avais proposé d'en établir. Leur emplacement était impérieusement commandé.

Mais j'avais proposé de racheter par 11 écluses la pente de $28^{m}\cdot,70$ qui avait été trouvée entre le niveau moyen du bassin de la Villette et la surface des basses eaux de la Seine, au port de la Briche, et il est vrai de dire que M. l'ingénieur de Villiers proposa de porter à 12 le nombre des écluses que j'avais fixé à 11.

Après ce court exposé qui rappelle l'origine du canal de Saint-Denis, je n'ai pas besoin, je pense, de me justifier de l'intention que m'a supposée M. de Villiers, de vouloir en critiquer le projet; chacun éprouve pour ce qu'il croit ses œuvres une sorte de prédilection. J'éprouve tout naturellement cette prédilection pour le canal de Saint-Denis; mais il ne faut ni que ce sentiment aveugle mes jugemens, ni que mes jugemens désobligent des ingénieurs que nos relations mutuelles ont dû convaincre depuis long-temps de l'estime et de l'amitié que je leur porte; voilà pourquoi je crois devoir donner ici quelques explications en réponse à la lettre qui a été adressée par M. de Villiers, le 7 janvier 1824, à MM. les rédacteurs des *Annales de Physique et de Chimie*.

Cet ingénieur annonce que les écluses du canal de Saint-Denis ont une chute moyenne de $2^{m}\cdot,30$, tandis que dans mon troisième Mémoire j'ai supposé cette chute de $2^{m}\cdot,60$, d'où il tire cette conclusion « que je » me suis appuyé sur des renseignemens inexacts, et que

» l'application que j'ai faite de ma théorie au canal de
» Saint-Denis n'est point heureuse. »

Je viens de dire que j'avais proposé, en 1811, de racheter par 11 écluses la pente totale du canal de Saint-Denis ; la chute moyenne de chacune d'elles aurait été par conséquent de $2^{m}$·,60. Si j'avais supposé cette chute moyenne de $2^{m}$·,30, mes observations *critiques* auraient porté non pas sur un projet qui m'était propre, mais sur ce projet modifié par un autre que moi. Or, suivant l'obligation dans laquelle j'avais voulu me renfermer, il me suffisait de n'être point l'auteur de cette modification pour que je m'abstinsse de la discuter.

Il m'était sans doute tout aussi facile de soumettre à une discussion théorique des écluses de $2^{m}$·,30, que des écluses de $2^{m}$·,60 de chute; le résultat de cette discussion eût été à-peu-près le même pour les unes comme pour les autres. Si donc j'ai choisi les écluses de $2^{m}$·,60 de chute pour en signaler les inconvéniens, ce n'est ni parce que les écluses de $2^{m}$·,30 en sont exemptes, ni parce que j'ai manqué de renseignemens exacts, c'est uniquement afin de pouvoir, sans blesser aucun amour-propre, exercer sur une idée qui m'appartient le droit incontestable d'en faire justice.

Je vais maintenant prendre les choses dans l'état où elles sont, et examiner si l'application de nos principes ne l'eût pas notablement amélioré.

« Il eût été impossible, dit M. l'ingénieur de Villiers,
» de tripler le nombre des écluses du canal de Saint-
» Denis sans détruire la plus grande partie des avan-
» tages de ce canal, *sa traversée eût été de deux jours*

» *au lieu d'un, et les frais d'entretien, ainsi que les* » *chances d'avarie, eussent été triplés.* »

Les sas d'écluses du canal de Saint-Denis ont $40^{m.}$ de long sur $7^{m},80$ de largeur; on emploie ordinairement 9 minutes pour les remplir ou pour les évacuer; ce qui, pour le passage d'un bateau dans ses 12 écluses, exige 1 heure 48 minutes; la durée de cette manœuvre serait moindre si le moyen à l'aide duquel on l'opère était moins imparfait. Admettons cependant que l'on eût aussi pratiqué des pertuis de mêmes dimensions dans les portes des 36 écluses qui remplaceraient les écluses actuelles, le temps du remplissage ou de l'évacuation de ces 36 écluses de $0^{m.},766$ de chute aurait été exprimé par :

$$36.\left(\frac{9^{mi.}\times\sqrt{0^{m},766}}{\sqrt{2,30}}\right)=3^{h.}\,7'.$$

Il n'aurait donc été que de $1^{h.}\,19^{mi.}$ seulement plus long que le temps du remplissage ou de l'évacuation de 12 écluses de $2^{m},30$, et par conséquent la *traversée du canal de Saint-Denis* n'eût point exigé *deux jours au lieu d'un*, comme M. de Villiers l'a avancé en se livrant à une exagération dont le calcul le plus simple l'aurait préservé (1).

Quant aux frais d'entretien et aux chances d'avarie, il est évident que si pour racheter une pente donnée

(1) Nous raisonnons ici dans l'hypothèse où le passage des bateaux à travers les écluses s'opère sans perte de temps, c'est-à-dire, comme nous l'avons indiqué dans notre 4e Mémoire. Si l'on supposait, au contraire, dans la durée de cette

entre deux points fixes ; on établit un plus grand nombre d'écluses, chacune d'elles, ayant à supporter une moindre charge d'eau, sera exposée à moins de chances de détérioration, et par suite entraînera moins de frais d'entretien ; il n'est donc pas exact de dire qu'on aurait triplé ces frais en triplant le nombre des écluses sur le canal de Saint-Denis.

M. de Villiers ajoute plus loin : « On peut juger facilement que les localités se seraient invinciblement » opposées à l'adoption du système de M. Girard. En » effet, les 36 écluses isolées les unes des autres eussent exigé un développement de 8000$^{m.}$ au moins, » tandis que le canal n'a que 6500$^{m.}$ de longueur totale, » et même en accollant les douze écluses qui se seraient » trouvées entre le canal de l'Ourcq et la route de » Flandres, ce qui eût été très-vicieux, il eût fallu au » moins 600 mètres de développement, tandis que cette » partie du canal n'en a que 500. »

Les écluses du canal de Saint-Denis occupent ensemble 480 mètres de longueur ; son développement total est de 6500$^{m.}$ ; il en restera par conséquent 6020 pour les 11 biefs intermédiaires ou 547 mètres pour chacun d'eux.

La dépense d'eau de l'un de ces biefs pour la montée d'un bateau par l'écluse qui le termine sera :
$40^m \times 7^m,8 \times 2^m,30 = 717^m,60$, et la diminution de

---

manœuvre, une perte de temps qui ne serait limitée par aucune condition, on ne pourrait établir de calcul que sur des données arbitraires, ni par conséquent obtenir que des résultats tout-à-fait vagues.

la hauteur de l'eau dans le bief sera, après cette manœuvre, exprimée par :

$$\frac{717^{m},60}{20^{m} \times 547} = 0^{m},0636.$$

Si le nombre des écluses eût été triplé, les 36 sas auraient occupé ensemble 1440 mètres de longueur; il ne serait resté pour les 35 biefs intermédiaires que 5060 mètres, et pour chaque bief $145^{m.}$ environ.

La dépense d'eau pour le remplissage de l'écluse aurait été de :

$$40^{m} \times 7^{m},8 \times 0^{m},766 = 238,99.$$

Ainsi le niveau de l'eau du bief supérieur se serait abaissé de :

$$\frac{238^{mèt.},99}{20^{m} \times 145} = 0^{m},0824.$$

La différence de l'abaissement de l'eau dans les deux biefs, l'un de $547^{m.}$ entre des écluses de $2^{m},30$, et l'autre de 145 mètres entre des écluses de $0^{m},766$ de chute, serait donc seulement de :

$$0^{m},0824 - 0^{m},0656 = 0^{m},0168,$$

ou en nombres ronds de 17 millimètres, quantité inférieure de beaucoup à l'excédant ordinaire de la profondeur d'eau d'un canal sur le tirant d'eau des bateaux qui le fréquentent.

Il suit de là que des biefs isolés de 547 et de 145 mètres n'auraient pas été plus sensiblement appauvris les uns que les autres, par la montée d'un bateau dans leurs écluses respectives; la navigation y serait donc de-

meurée également facile, et il n'eût pas été nécessaire d'augmenter d'un seul mètre le développement du canal de Saint-Denis, qui aurait dû, suivant M. de Villiers, être augmenté de 1500 mètres au moins, c'est-à-dire, du quart de la longueur totale environ.

L'hypothèse de l'isolement des écluses, à laquelle s'applique ce qui vient d'être dit, est la plus défavorable au système des petites chutes. Dans ce système, les écluses multiples offrent des avantages sensibles, et j'espère qu'après avoir pris lecture du Mémoire qui précède, M. de Villiers demeurera convaincu que la transformation en une seule écluse multiple de la portion du canal de Saint-Denis comprise depuis son point culminant jusqu'au-dessous du pont de la route de Flandres, *n'eût point été une disposition très-vicieuse*, comme l'affirme cet ingénieur sans en donner de raisons.

J'ai démontré que, pour rendre *la moindre possible* la dépense de construction des murs de sas d'une suite d'écluses destinées à racheter une pente donnée, il fallait que la chute de ces écluses fût précisément égale à la profondeur d'eau dans le canal. Partant de ce théorême, M. de Villiers, qui a fixé à $2^m,30$ la chute des écluses du canal de Saint-Denis, assure en avoir aussi fixé la profondeur d'eau à $2^m,30$. Ainsi se trouverait remplie, dans la construction des murs de sas de ces écluses, la condition du *minimum* de dépense que nous avons indiquée. Mais il importe ici d'observer que, si pour remplir cette condition il faut établir un certain rapport entre la chute des écluses et la profondeur d'eau d'un canal, cette dernière quantité doit toujours être regardée comme donnée d'avance. Elle dépend en effet du tirant

d'eau des bateaux qui doivent y naviguer, ou, ce qui est la même chose, du tirant d'eau des bateaux en usage sur les fleuves ou les rivières avec lesquels ce canal forme un même système navigable. Voilà pourquoi, lorsque je proposai en 1811 de fixer à $1^m,60$ ou à $1^m,50$ la profondeur d'eau du canal de Saint-Denis, ce fut en conformité de données antérieures qu'on devait regarder comme invariables (1).

Je crois en avoir dit assez pour prouver qu'en indiquant quelques imperfections dont l'application de notre théorie au canal de Saint-Denis eût pu le garantir, je n'ai entendu parler que de certaines dispositions que j'ai moi-même projetées il y a quinze ans. On conçoit qu'il était loin de ma pensée de vouloir jeter de la défaveur sur un grand ouvrage entrepris aux portes de la capitale, par suite d'une impulsion que j'ai peut-être contribué plus qu'aucun autre à imprimer à son exécution. J'ai été quelquefois assez heureux pour rendre témoignage des talens de M. de Villiers; je dois être, et je suis en effet plus disposé que personne à applaudir à des succès qui justifient mes témoignages. Je regrette, par les mêmes motifs, que cet ingénieur n'ait point prévenu toute dissidence d'opinion entre nous, en soumettant au calcul les questions dont il a provoqué le débat. Le calcul est une arme qu'il sait manier; qu'il ne craigne donc pas de l'employer, soit pour défendre

---

(1) Une commission d'ingénieurs fixa, en 1810, la longueur des écluses de navigation sur la Seine et les rivières affluentes à $38^m$, et leur largeur à $7^m,80$, et cela d'après la capacité et le tirant d'eau des bateaux qui y sont en usage.

ses assertions, soit pour combattre l'influence des préjugés et de la routine. Ce qui s'est fait jusqu'ici ne peut etre regardé comme le type immuable de ce qui doit se faire à jamais; il nous restera toujours beaucoup de choses à apprendre, et l'art de l'ingénieur ne se perfectionnera que par les progrès de la science.

Paris, 10 juillet 1826.

---

## Sur *une Formation de Pyrite dans une eau thermale.*

Par M. Longchamp.

M. Barlier, maire de Chaudesaigues, a apporté à Paris un dépôt qu'il a recueilli dans le conduit de la principale source des eaux thermales de cette ville. Il en a remis des échantillons à plusieurs personnes, et il a bien voulu m'en donner quelques morceaux. Je vais rapporter ici les renseignemens dont il les a accompagnés.

« Ce dépôt se trouve dans un conduit qui a été pratiqué » depuis la naissance de la grande source dite *du Parc* jus- » qu'à une distance d'environ trois mètres, où l'on a formé » un petit réservoir pour puiser l'eau plus commodé- » ment. Ce conduit peut avoir huit pouces carrés; il » s'obstruerait tous les trois ou quatre ans, si l'on n'a- » vait pas la précaution de le faire nettoyer. Il est à » remarquer que ce n'est que dans la distance ci-dessus » désignée que ce dépôt se forme (1). »

---

(1) Dans la longue suite de canaux que suit l'eau pour échauffer deux cents maisons environ, il se forme bien en-

Ce dépôt ne se forme pas par couches, il est mamelloné et crevassé; ce qui tient à des conduits que l'eau a conservés dans la masse. Sa surface est d'un rouge-brun, et ne semble être qu'un oxide de fer; mais lorsqu'on le brise en morceaux, il présente des plaques grises et brillantes, ne se laissant pas entamer par la pointe du couteau, et qu'au simple aspect l'on reconnaît pour du fer sulfuré. Si on en met des fragmens sur des charbons allumés, l'on voit bientôt la flamme bleue du soufre, et en même temps on est suffoqué par une forte odeur d'acide sulfureux.

M. Berthier a examiné, en 1812, les sources de Chaudesaigues (*Journal des Mines*, tom. XXVII, pag. 141); il a recueilli et examiné le dépôt de ces eaux. Voici la description qu'il en donne : « Dès sa sortie du ro-
» cher, l'eau forme un dépôt ocracé, et elle entoure
» les tuyaux qu'elle parcourt de concrétions calcaires
» déposées en couches minces, à petites lames et
» souillées d'oxide de fer (page 143). » Il a donné, en 1820 (*Ann. des Mines*, tom. V, pag. 499), une nouvelle analyse des eaux de Chaudesaigues, et il revient sur le dépôt qu'elles produisent. « L'eau forme
» dans les tuyaux de conduite qu'elle parcourt des dépôts
» concrétionnés, à cassure radiée et nuancée de blanc et
» de jaune (pag. 500). Le dépôt que l'eau des différentes
» sources de Chaudesaigues forme dans les tuyaux de

---

core un dépôt, mais il ne présente plus la même apparence que celui qui fait l'objet de cette Note; ce qui annonce bien que la substance caractéristique du dépôt est en moindre proportion, mais non pas qu'elle n'en fait plus partie.

» conduite, présente des couches concentriques cris-
» tallines et rayonnées, distinctes les unes des autres,
» et séparées ordinairement par un enduit d'hydrate de
» fer. Un échantillon de ces dépôts a donné à l'ana-
» lyse (pag. 505):

| | gram. |
|---|---|
| Carbonate de chaux..... | 0,757; |
| Carbonate de magnésie..... | 0,025; |
| Silice..... | 0,103; |
| Oxide de fer..... | 0,045; |
| Eau..... | 0,070. |

Il est évident, d'après le résultat que vient de nous rapporter M. Berthier, qu'il a soumis à l'analyse un dépôt qui aura été recueilli à une grande distance des sources, et que dans le trajet le sulfure de fer se sera déposé. Du reste, la description qu'il donne des dépôts de Chaudesaigues est très-intéressante, en ce qu'on y voit des couches nuancées de blanc et de jaune, qui ne sont probablement que du carbonate de chaux, séparées par des couches très-minces d'oxide de fer, comme le sont les couches de pyrite dans les échantillons que j'ai sous les yeux.

Un dépôt d'eau thermale qui ne se trouve être autre chose qu'une pyrite, est un fait géologique trop important pour que nous ne nous y arrêtions pas un instant. Nous allons commencer par reconnaître le terrain d'où sortent les sources.

« Chaudesaigues est dans l'enceinte de ce vaste cirque
» circonscrit à l'ouest et au nord par le groupe volca-
» nique du Cantal, et au midi par les montagnes d'Au-
» brac, aussi d'origine volcanique. Dans l'enceinte de

» ce cirque, le terrain primitif qui forme le plateau
» de l'Auvergne est çà et là à découvert. Il existe aussi
» sur un grand espace, particulièrement autour de
» Chaudesaigues; il se compose auprès de cette ville
» de gneis feldspathiques jaunâtres, de schistes mica-
» cés argileux grisâtres, qui contiennent quelquefois
» des pyrites, et souvent recouverts de sulfures ef-
» fleuris. C'est au milieu de ces roches que gissent
» les sources minérales. » (M. Berthier, *Journal des Mines.*)

J'ajouterai, d'après M. Barlier, que les sources sortent des roches à travers les fissures de filons de quartz, et ces fissures sont tapissées de sulfure de fer pyriteux, ainsi que je l'ai reconnu sur les morceaux qui m'ont été remis.

La température de la source *du Parc* est de 88 degrés centig.

Actuellement que nous connaissons bien la constitution géologique du lieu d'où sortent les sources, voyons si nous pourrons arriver à quelques probabilités sur l'origine de la pyrite que l'on trouve dans les conduits des eaux de Chaudesaigues.

L'on pourrait croire d'abord que le fer sulfuré ne provient pas du bassin intérieur des eaux, mais qu'il est entraîné par ces eaux, qui l'arrachent des fissures de quartz dont elles frottent les parois dans leur trajet. Cette supposition ne semble pas probable; car, à l'inspection des morceaux de quartz qui m'ont été remis, il paraît au contraire que le fer sulfuré y a été déposé de la même manière qu'il l'est dans le conduit de la source. Il faut donc admettre que le fer sulfuré pro-

vient du bassin intérieur ; mais dans quel état se trouve-t-il dans ce bassin ? Y est-il tout formé ou s'y forme-t-il ? Ces questions ne peuvent pas être résolues positivement ; mais il me paraît bien probable qu'il se forme dans l'eau minérale, et alors se présentent des difficultés graves pour expliquer cette formation. En effet, l'analyse que M. Berthier nous a donnée de ces eaux (1) ne nous laisse pas entrevoir ou même soupçonner les moyens que la nature a employés pour former un sulfure de fer, puisque nous n'y retrouvons plus aucun des élémens de la pyrite ; c'est-à-dire, ou une dissolution ferrugineuse ou une dissolution de soufre par une substance alcaline. La cause de la formation du fer sulfuré dans le bassin intérieur des eaux de Chaudesaigues nous est donc tout-à-fait inconnue ; mais cette formation ne me paraît pas moins probable.

Le dépôt, comme nous l'avons vu, est recouvert d'oxide de fer, et le centre est de la pyrite. Si l'oxide de fer et la pyrite provenaient du sein de la terre, il semblerait assez étrange qu'ils ne se trouvent pas mélangés dans le dépôt, et que l'oxide ne formât sur le sulfure qu'une couche qui n'est souvent pas plus épaisse qu'une

---

(1) Acide carbonique libre..... 0,0004030 ;
Silice..... 0,0000420 ;
Oxide de fer..... trace ;
Carbonate de chaux..... 0,0000600 ;
Carbonate de magnésie..... 0,0000100 ;
Carbonate de soude..... 0,0007193 ;
Muriate de soude..... 0,0001247 ;
Sulfate de soude..... 0,0000335.

feuille de papier ; mais les minéralogistes savent très-bien qu'il y a des variétés de fer sulfuré qui se décomposent naturellement, et desquelles le soufre disparaît (1). Il est donc certain que l'oxide de fer qui couvre la pyrite de Chaudesaigues provient de la décomposition de cette pyrite.

Des sources qui présentent un produit aussi remarquable demanderaient à être examinées de nouveau, et c'est encore une preuve ajoutée à tant d'autres qui existent déjà, de la nécessité d'examiner les eaux minérales sur les lieux, et de l'utilité qu'était pour l'avancement de la science le travail que l'on avait commencé dans cette direction.

Je terminerai cette note par une réflexion sur la formation des filons. Werner pensait qu'ils ont été remplis par le haut ; M. Daubuisson combat cette idée, et il a présenté des objections qui lui paraissent ne pas cadrer avec la supposition de Werner (2). Il me semble que les sources de Chaudesaigues tranchent la question, et qu'elles permettent de croire au moins qu'il y a des filons qui ont pu se remplir par le bas.

---

(1) « Le soufre se dégage de quelques variétés de pyrites » sans qu'on sache par quel moyen ; il ne reste plus que de » l'oxide de fer compacte d'un rouge-brun. Le fer sulfuré, » ainsi décomposé, conserve encore la forme qu'il avait avant » sa décomposition. Quelques-uns de ces morceaux de fer » oxidé rouge renferment vers leur centre des parties de fer » sulfuré non décomposé. » (M. *Brongniart*, t. II, p. 154.)

(2) *Traité de Géognosie*, t. II, p. 654.

## Analyse *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 3 *avril* 1826.

M. Pichard adresse quelques Réflexions relatives à l'action moléculaire.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire communique des Observations faites sur les œufs gênés dans leur développement par des moyens extérieurs ; il cite notamment un poulet qui n'avait qu'un seul lobe à la face supérieure du cerveau : on avait obtenu cette monstruosité en enduisant de cire une des faces de l'œuf.

M. Moreau de Jonès lit quelques Documens statistiques sur la situation actuelle du commerce.

### *Séance du lundi* 10 *avril.*

Le Ministre de l'Intérieur transmet des Observations de l'architecte de la Douane de Bordeaux, qui a cru remarquer une différence importante entre les procédés que recommande l'Académie pour l'établissement des paratonnerres, et ceux qu'on a suivis jusqu'ici.

On nomme au scrutin trois commissaires qui concourront, cette année, à l'examen des travaux de l'Ecole des Ponts et Chaussées.

M. Masuyer, professeur de Strasbourg, adresse deux Mémoires sur l'Emploi de l'acétate d'ammoniaque.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire rend compte de la continuation des recherches qu'il a entreprises dans l'Etablissement d'incubation artificielle situé à Auteuil.

M. Latreille fait un rapport favorable sur un travail de M. le général Dejean, concernant la tribu des Simplicipèdes de la famille des Carabiques.

Il est donné lecture d'une Note extraite de plusieurs lettres de M. Gambart, relatives à la comète qu'il a aperçue le 9 mars dernier, et de deux lettres de M. Schumacher concernant le même astre.

M. Azaïs lit un Mémoire sur la Chaleur et le Magnétisme du Globe.

M. Marcel de Serres adresse un Mémoire sur les Ossemens fossiles trouvés près de Montpellier.

M. Cauchy dépose un Mémoire sur l'Intégration des équations linéaires d'ordre pair entre deux variables.

*Séance du lundi 17 avril.*

M. Solier adresse la description d'un bateau propre, suivant lui, à remonter les rivières.

M. Arago lit une lettre de M. Valz de Nîmes, en date du 4 avril; elle renferme l'annonce de la découverte que cet astronome a faite, la veille, à quatre heures du matin, de la comète dont on attendait la réapparition.

Le Ministre de la Marine demande à l'Académie de faire examiner la Théorie du navire de M. de Poterat, qui vient de paraître.

M. de Prony fait un rapport verbal sur l'ouvrage de M. Bérigny, qui a pour objet la possibilité d'établir une communication directe entre Paris et la mer à l'aide d'un canal de grande navigation.

M. Morel de Vindé fait un rapport verbal sur le

Traité de la Pomme de terre de MM. Payen et Chevallier.

M. Cauchy dépose un nouveau Mémoire d'analyse.

*Séance du lundi 24 avril.*

Séance publique des quatre Académies. Lecture d'un Mémoire de M. Cuvier sur les progrès des Sciences naturelles.

*Séance du lundi 1er mai.*

L'Académie reçoit : une Note de M. Pavon, savant espagnol, sur la Naturalisation de la Cochenille dans les environs de Malaga ; une Lettre de M. Schumacher, concernant le travail que M. Clausen a fait pour déterminer l'orbite de la comète découverte dans le mois de février dernier ; une Note de M. Percival Norton Johnson, relative à la préparation du palladium ; l'Annonce d'un appareil ayant pour objet l'extraction des calculs de la vessie au moyen des dissolvans chimiques, inventé par M. Robinet ; et enfin, un Mémoire de M. Beaufond, de la Martinique, sur une application de la machine pneumatique à la construction d'un moulin à sucre.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire met sous les yeux de l'Académie deux cas remarquables d'incubation, où un œuf de poule contient deux jumeaux.

M. Ampère, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le Mémoire de M. Pouillet concernant l'électricité des gaz et les causes de l'électricité atmosphérique. (Nous donnerons prochainement ou le Rapport ou le Mémoire.)

M. Navier lit un Mémoire sur un projet de chemin en fer qui irait de Paris au Hâvre.

M. Lassis lit une Note intitulée : *Nécessité d'un prompt examen de la question de la cause des épidémies.*

*Séance du lundi* 8 *mai.*

L'Académie reçoit : deux paquets cachetés de M. Lasserre contenant, l'un, la description d'un appareil propre à détruire la pierre dans la vessie, l'autre, une découverte physiologique ; de nouvelles observations de M. Souberbielle, sur le procédé opératoire de M. Civiale ; et un Mémoire de M. Vallot sur plusieurs plantes que M. Bauhin avait signalées comme inconnues.

M. Chaussier présente une pièce anatomique offrant une fracture transversale du sternum, qui a son siége au tiers supérieur de cet os, et qui a été produite dans les efforts de l'accouchement par la contraction simultanée des muscles sterno-pubiens et sterno-mastoïdiens.

M. Fresnel, au nom de la Section de Physique, fait un rapport concernant des expériences sollicitées par diverses Sociétés d'agriculture pour constater l'efficacité des paragrêles. Voici les conclusions : « La théorie électrique de la grêle n'est pas assez solidement établie, » et l'efficacité des paragrêles nous paraît trop incertaine pour qu'on puisse en conseiller l'emploi. Les » essais tentés jusqu'à présent n'ont donné aucun résultat positif ; et pour décider la question par des expériences semblables, il faudrait beaucoup de temps et » une dépense qui ne serait pas proportionnée à la probabilité du succès. »

M. Fresnel fait un second rapport sur un appareil universel de météorologie présenté par M. Roucher Deratte. L'appareil n'a pas été approuvé.

L'Académie, sur le rapport de M. Blainville, n'a pas non plus donné son approbation à un Mémoire de M. Pestera, de Monte-Leone, sur les moyens de détruire les trigonocéphales.

M. Edwards lit un Mémoire sur la liaison du règne végétal et du règne animal.

M. Brongniart fils lit un Mémoire sur la famille des Bruniacées.

M. Robinet présente l'instrument qu'il avait annoncé dans la séance précédente.

La Commission, nommée au scrutin, qui proposera, cette année, un prix de mathématiques, est composée de MM. Laplace, Legendre, Lacroix, Arago et Poisson.

*Séance du lundi 15 mai.*

M. Dumas envoie à l'Académie les résultats d'un travail qu'il a entrepris sur quelques composés chimiques.

M. de Jussieu fait un rapport très-favorable sur le Mémoire de M. Brongniart fils, concernant la famille des Bruniacées.

La Commission nommée au scrutin pour faire une proposition concernant la médaille fondée par Lalande, est composée de MM. Laplace, Arago, Mathieu, Damoiseau et Lefrançais.

M. de Prony lit une Note intitulée : *De quelques additions à faire au système métrique.* Une Commis-

sion, composée de MM. Prony, Arago, Dupin, Girard et Dulong, fera un rapport à ce sujet.

M. Latreille rend un compte verbal très-favorable de l'ouvrage de M. le général Dejean, intitulé : *Species général des Coléoptères de M. le comte Dejean.*

M. Duméril fait un rapport verbal sur l'ouvrage de M. Teraube intitulé : *Traité de la Chiromanie.*

*Séance du lundi* 22 *mai.*

M. Arago met sous les yeux de l'Académie un fragment d'un aérolithe tombé dans la principauté de Ferrare, le 19 janvier 1824, et dont il est redevable à M. Orioli, habile professeur de physique à Bologne. Ce fragment, remarquable par la diversité de substances que l'*œil* peut y discerner, sera examiné microscopiquement par M. Cordier, et chimiquement par M. Laugier.

Les Commissions de Statistique, de Mécanique et de Physique annoncent qu'il ne sera pas donné de prix cette année.

On nomme des commissaires pour examiner un niveau à lunette de M. Gambey, qui paraît joindre à l'avantage d'une exécution facile plus de précision que les niveaux ordinaires.

*Séance du lundi* 29 *mai.*

M. Cauchy dépose un Mémoire intitulé : *De l'Influence que peut avoir sur la valeur d'une intégrale double, l'ordre dans lequel on effectue les intégrations.*

Les Commissions de Physiologie et des Arts ou Métiers insalubres font leur rapport. (*Voyez* le Cahier de mai.)

La Section de Physique rend compte des difficultés qui s'étaient élevées sur l'établissement des paratonnerres à la Douane de Bordeaux. Dans une instruction adoptée par l'Académie, on admet qu'une tige protège efficacement un espace circulaire d'un rayon double de sa hauteur au-dessus du comble; et en effet, il n'existe aucun fait bien avéré qui prouve que cette évaluation est exagérée. Le passage du *Traité de Physique* dans lequel M. Haüy porte à 10 mètres le rayon de l'espace préservé, n'est pas, comme on l'a supposé, en contradiction avec le rapport, puisque ce savant n'avait en vue que les tiges élevées sur les maisons particulières, et dont la longueur est ordinairement de 5 ou 6 mètres. En attendant de nouveaux documens, il est convenable de se conformer aux règles suivies jusqu'ici.

M. Trollet adresse quelques observations sur le rapport relatif aux paragrêles.

M. Chevreul commence la lecture d'un Mémoire sur la Teinture.

---

## Addition *à l'article sur la Théorie du Magnétisme en mouvement.* (*Page 225 de ce Cahier.*)

Par M. Poisson.

Dans cet extrait de mon dernier Mémoire, j'ai omis de citer un résultat qu'il est bon, cependant, d'indi-

quer aux physiciens qui voudront le vérifier par l'expérience.

Deux sphères, formées de fer, aimantées par l'action de la terre, ayant le même diamètre extérieur, l'une pleine et l'autre creuse, ou toutes deux creuses et d'épaisseurs différentes, exercent, lorsqu'elles sont en repos, la même action magnétique, pourvu que l'épaisseur de la partie pleine ne soit pas une très-petite fraction du diamètre, dépendante de l'espèce du fer. Ce fait singulier a d'abord été observé par M. P. Barlow, et je l'ai ensuite déduit de la théorie dans mon premier Mémoire sur le Magnétisme. Maintenant, la théorie fait voir, et il serait important de vérifier par l'expérience directe, que ces deux sphères, tournant avec la même vitesse, n'exerceront plus la même action au dehors, en sorte qu'une même aiguille, soumise successivement à leurs influences, éprouvera, dans la même position, la même déviation dans le cas du repos, et des déviations différentes dans le cas du mouvement, lesquelles dépendront des épaisseurs et de la vitesse de rotation, suivant des lois très-compliquées.

J'ai aussi omis d'énoncer le sens de l'action magnétique d'une sphère tournante, aimantée par l'action de la terre. Celui que j'ai conclu de la théorie est le même que le sens d'action observé par M. P. Barlow, et qu'il a indiqué de cette manière : lorsqu'une sphère tournante agit sur une aiguille aimantée, elle attire son pôle nord et repousse son pôle sud, si, en tournant, sa partie supérieure s'approche de l'aiguille, et, au contraire, si cette partie s'en éloigne, le pôle nord est repoussé et le pôle sud altéré.

---

# Analyse *d'une nouvelle Substance minérale* ( *la* Thenardite ).

Par Mr J. L. Casaseca,

Professeur de chimie au Conservatoire royal des Arts et Métiers de Madrid, élève de M. Thenard.

M. Rodas, l'un des plus habiles manufacturiers de l'Espagne, découvrit, il y a près de neuf ans, à cinq lieues de Madrid et à deux et demie d'Aranjuez, dans un endroit connu sous le nom de *Salines d'Espartines*, une substance minérale qu'il reconnut bientôt pour du sulfate de soude mélangé d'une très-petite portion de sous-carbonate de soude.

Dans l'hiver, des eaux salines transsudent du fond d'un bassin, et dans l'été, par suite de l'évaporation, le liquide se concentre, et, parvenu à un certain degré de concentration, laisse déposer sous forme de cristaux plus ou moins réguliers une partie du sel qu'il retenait en dissolution.

M. Rodas, ayant obtenu de S. M. C. le privilége d'exploiter cette substance, établit sur les lieux mêmes une magnifique fabrique de savon dont les produits pourraient certainement rivaliser avec les plus beaux savons de Marseille. Il emploie pour leur préparation de la soude artificielle qu'il fait avec ce sulfate de soude que lui présente la nature tout formé, en sorte qu'il n'a pas besoin de transformer l'hydrochlorate de soude en sulfate, comme cela se fait en France dans les établissemens de ce genre. La quantité de sulfate de soude que l'on retire du bassin d'Espartines est si consi-

dérable, que non-seulement depuis neuf ans elle suffit à alimenter la belle fabrique de M. Rodas, mais qu'elle a pu encore lui permettre de livrer au commerce une grande quantité de soude artificielle pour remplacer les soudes d'Espagne pendant toutes ces dernières années que la récolte de la barille a été très-peu productive. La découverte de ce sulfate de soude naturel est d'autant plus importante qu'on pourra en tirer grand parti pour la fabrication de la verrerie, aujourd'hui qu'on emploie le sulfate de soude de préférence au carbonate.

Comme on n'avait pas rencontré jusqu'ici dans la nature du sulfate de soude complètement privé de sel marin, de sels magnésiens aussi-bien que de sels calcaires, il m'a semblé que, sous le rapport de la science, l'observation curieuse de M. Rodas méritait de devenir l'objet d'un examen spécial. J'ai donc prié M. Rodas de vouloir bien me faire parvenir une certaine quantité de sulfate de soude d'Espartines, et c'est à son amitié que je dois les échantillons que j'ai examinés.

Quant à ses principaux *caractères minéralogiques*, M. Cordier a eu la complaisance de se charger de les déterminer, et avant que de faire connaître les propriétés chimiques de ce sel et sa composition, je transcrirai textuellement la note dont ce savant géologue a bien voulu enrichir mon Mémoire.

« La substance saline que M. Casaseca m'a remise » sous le nom de *sulfate de soude anhydre*, et qu'il m'a » prié d'examiner (dit M. Cordier), offre des caractères » cristallographiques qui lui sont particuliers.

» Les cristaux présentent des formes faciles à recon-

» naître, mais il ne m'a pas été possible d'en déter-
» miner exactement les angles, les faces étant trop iné-
» gales pour se prêter à des mesures rigoureuses.

» En revanche, le clivage des cristaux est net et per-
» met de déterminer la forme primitive d'une manière
» suffisamment approximative. Ce clivage a lieu dans
» trois sens, dont un surtout donne des lames parfai-
» tement planes et miroitantes. La forme primitive à
» laquelle il conduit, est un prisme droit à bases rhom-
» bes dont les angles sont à peu de chose près de 125 et
» 55 degrés (fig. 1). D'après différentes mesures appro-
» ximatives prises sur les cristaux, j'estime que la hau-
» teur du prisme est au côté de la base comme 7 est à 3.
» C'est dans le sens des bases que le clivage le plus dis-
» tinct a lieu.

» Les cristaux présentent deux variétés de formes :
» 1°. variété *octaèdre* (fig. 2). Elle naît par décrois-
» sement de deux rangées de molécules en hauteur, sur
» les côtés des bases du prisme primitif. L'octaèdre est
» symétrique et très-aplati dans le sens de la petite dia-
» gonale des bases du prisme. Sa coupe verticale, pas-
» sant dans le sens de la grande diagonale des bases du
» prisme, est un rhombe très-peu aigu dont le petit
» angle coïncide avec le sommet du cristal.

» 2°. Variété *basée* (fig. 3). C'est l'octaèdre pré-
» cédent portant à chacun de ses deux sommets une fa-
» cette rhomboïdale parallèle aux bases de la forme
» primitive.

» Les données qui précèdent suffisent pour déter-
» miner le système de cristallisation de la substance
» dont il s'agit. On pourra s'en servir pour construire

» d'une manière suffisamment satisfaisante les figures
» destinées à rendre compte de ce système (1). Mais il
» ne sera possible de calculer rigoureusement et défi-
» nitivement les angles que lorsqu'on aura des cristaux
» plus nets.

» J'ajouterai que d'après sa structure cristalline, la
» substance dont il s'agit est incontestablement douée
» de la double réfraction. Le défaut de transparence
» des cristaux ne m'a pas permis de vérifier cette
» propriété.

» Sa pesanteur spécifique est à-peu-près celle de la
» *glauberite*, c'est-à-dire qu'elle approche de 2,73,
» celle de l'eau étant 1. »

*Propriétés chimiques.*

Lorsqu'on abandonne ce sel au contact de l'air, il perd sa transparence et se recouvre à sa surface d'une couche pulvérulente qu'il est très-facile d'enlever; mais cet effet, en apparence semblable à celui qui a lieu avec le sulfate de soude artificiel cristallisé, est produit par une cause tout-à-fait différente; ainsi, tandis que dans le sulfate de soude artificiel l'efflorescence est due à la perte d'une partie de son eau de cristallisation, dans la nouvelle substance dont il s'agit, c'est une suite de l'absorption d'une certaine quantité d'eau de l'atmosphère, comme cela a lieu principalement pour l'acide borique fondu et vitrifié; aussi, lorsqu'on place quelques cristaux de ce *sulfate de soude naturel* dans une

(1) *Voyez* la figure.

atmosphère parfaitement sèche, ils conservent leur transparence, tandis qu'ils la perdent au sein d'une atmosphère humide.

Soumis à l'action de la chaleur, ce sel ne diminue pas sensiblement de poids, puisque 10 *grammes*, calcinés jusqu'au rouge dans un creuset de platine, n'ont perdu que 1 *centigramme*, perte extrêmement faible et qui doit être attribuée au dégagement de l'eau qui produisait la légère efflorescence qu'on observait à la surface.

Il se dissout dans l'eau distillée sans laisser de résidu; la dissolution concentrée est très-légèrement alcaline (1). Essayée par l'hydrogène sulfuré, le nitrate d'argent, la potasse, le bi-carbonate de potasse, l'ammoniaque, l'oxalate d'ammoniaque, puis enfin par l'hydrochlorate de platine, elle n'a subi aucune altération; ce qui prouve que cette nouvelle substance minérale ne contient ni sels métalliques, ni hydrochlorate de soude, ni sels magnésiens, alumineux, calcaires ou à base de potasse. Traitée par le nitrate de baryte, la dissolution a donné lieu à un précipité très-abondant, reconnu pour du sulfate de baryte mélangé d'une très-faible quantité de carbonate de baryte. Un fragment de ce *sulfate de soude naturel* mis en contact avec de l'acide sulfurique un peu affaibli a produit une très-légère effervescence due au dégagement de gaz acide carbonique. Ces essais prouvent donc que la substance minérale d'Espartines

---

(1) Je m'en suis assuré en faisant rougir du papier bleu de tournesol dans un verre d'eau contenant *une seule* goutte d'acide sulfurique, et en laissant ce papier ainsi rougi longtemps en contact avec la dissolution saline.

contient, ainsi que M. Rodas l'avait observé déjà, du sulfate de soude mélangé d'une très-petite quantité de carbonate de soude, et que de plus elle est anhydre; aussi elle est tellement avide d'eau que, si, après l'avoir réduite en poudre fine, on la met en contact avec quelques gouttes de ce liquide, elle cristallise à l'instant, forme une croûte qui adhère très-fortement au verre dans lequel on fait l'expérience, et il se dégage en même temps une chaleur sensible.

L'état anhydre de ce sulfate de soude est bien remarquable, car il est surprenant qu'un sel qui, dans les circonstances ordinaires, contient 0,56 d'eau de cristallisation, se précipite sous forme cristalline de sa dissolution dans l'eau et sans retenir la moindre quantité de ce liquide.

Ceci pourrait peut-être dépendre de la température qu'acquièrent les eaux qui tiennent ce sel en dissolution, de la nature du sol sur lequel se fait le dépôt, et des sels qui peuvent rester dans les eaux-mères; aussi m'empresserai-je d'en rechercher la cause réelle sitôt que je serai sur les lieux.

Toutes les expériences et toutes les considérations précédentes m'ont engagé à faire l'analyse exacte de ce *sulfate de soude anhydre*. Pour cela, j'ai fait dissoudre dans l'eau distillée 10 grammes de ce sel préalablement calciné, j'ai versé dans la dissolution un excès de nitrate de baryte; le précipité, bien lavé et séché, adhérait au filtre de manière à ne pouvoir en être détaché; alors j'ai calciné le filtre par petites portions, et pour éviter jusqu'à la moindre apparence d'erreur, j'ai traité, à l'aide de la chaleur, le résidu de la calcination par

l'eau régale afin de transformer en sulfate de baryte le sulfure, si toutefois il avait pu s'en former à la température nécessaire pour opérer la combustion du papier, en sorte que le résidu insoluble dans l'eau régale versé sur un filtre et parfaitement lavé me représentait exactement tout le sulfate de baryte primitif, le carbonate s'étant dissous dans la liqueur acide. Dans celle-ci, réunie aux eaux de lavage, j'ai versé de l'acide sulfurique pur, et il s'est à peine manifesté un léger louche; j'ai laissé déposer, puis j'ai décanté la plus grande partie du liquide, et enfin j'ai évaporé jusqu'à siccité les dernières portions de la liqueur dans un verre de montre dont j'ai fait la tare quand l'opération a été achevée; puis, après avoir lavé parfaitement le verre de montre, j'ai été obligé d'ajouter, pour rétablir l'équilibre, $0^g,05$ représentant le sulfate de baryte enlevé par le lavage, et dont la base existait dans la précipitation première de la dissolution saline à l'état de carbonate de baryte. Ces $0^g,05$ représentent $0^g,033$ de baryte, qui exigent, pour être transformés en carbonate, $0^g,009$ d'acide carnique, lequel, uni à la soude, donne $0^g,022$ de sous-carbonate de soude. Ainsi, sur 10 grammes de la nouvelle substance préalablement calcinée, et ne contenant par conséquent que du sulfate et du sous-carbonate de soude, il y a $0^g,022$ de sous-carbonate, et par suite $9^g,978$ de sulfate de soude. D'après ces données, sur 100 parties de la *nouvelle substance minérale d'Espartines*, il y a :

| | |
|---|---|
| Sulfate de soude..... | 99,78; |
| Sous-carbonate de soude... | 0,22. |
| Total.... | 100,»». |

J'aurais pu parvenir à cette détermination en suivant une marche inverse, c'est-à-dire, en déterminant d'abord la quantité de sulfate de soude, et par déduction celle du carbonate. Mais les résultats n'auraient point eu le même degré d'exactitude, parce que par l'évaporation de la liqueur acide je n'ai rien perdu du précipité, et il n'en eût pas été de même à l'égard de celui qui était resté sur le filtre et qu'il aurait fallu enlever.

Il résulte de tout ce qui précède, que la substance minérale d'Espartines diffère de toutes celles qu'on connaît jusqu'à présent, et particulièrement de la *glauberite* qui se trouve à *Villa-Rubia*, dans la Manche. La *glauberite* est un véritable sulfate double anhydre de soude et de chaux, tandis que la substance dont il est question est *un sulfate de soude pur et anhydre*; car le carbonate, n'entrant dans sa composition que pour $\frac{1}{500}$, doit être regardé comme accidentel. Mais si ces deux substances diffèrent par leur composition chimique, elles se distinguent encore par leur cristallisation; la première cristallise en prismes rhomboïdaux obliques, tandis que la seconde, d'après M. Cordier, cristallise en *octaèdres rhomboïdaux*.

D'après toutes ces considérations, la soude sulfatée anhydre d'Espartines mérite de recevoir un nom particulier. Je propose de l'appeler *Thenardite*, en l'honneur du savant illustre auquel la science est redevable de tant de belles découvertes, m'estimant fort heureux, comme son élève, de trouver une occasion de lui offrir un témoignage public de ma profonde reconnaissance. J'ose espérer que les minéralogistes s'empresseront d'adopter cette dénomination, comme ils l'ont déjà fait

dans plusieurs autres circonstances de ce genre, et encore tout récemment à l'égard de la *Gay-Lussite*, nouvelle substance minérale découverte par M. Boussingault en Amérique.

---

## Sur *la Décomposition du Fulminate d'argent par l'acide hydrosulfurique.*

Par M. le Dr J. Liebig.

Nous avons démontré, M. Gay-Lussac et moi, dans un Mémoire qui nous est commun, que l'acide hydrosulfurique décompose le fulminate d'argent. L'acide fulminique n'est cependant point séparé à l'état de pureté; une partie de cet acide se combine avec l'acide hydrosulfurique, et de là résultent des combinaisons particulières qui ont en général le caractère des acides.

En décomposant le fulminate d'argent par l'acide hydriodique et par l'acide hydrochlorique, il se dégage de l'acide hydrocyanique et on obtient des acides nouveaux qui renferment au nombre de leurs élémens de l'iode et du chlore, et qui ont pour caractère de donner un liquide d'un rouge foncé avec les sels de peroxide de fer, après avoir été préalablement neutralisés avec une base. Avec l'acide hydrosulfurique on n'obtient point d'acide hydrocyanique, et le nouvel acide produit donne immédiatement avec les sels de peroxide de fer un liquide d'un rouge foncé, sans avoir été neutralisé par une base.

Nous avons de plus fait voir que l'acide fulminique

est composé d'un atome de cyanogène et d'un atome d'oxigène, et il nous a paru résulter de l'analyse de l'acide obtenu avec le fulminate d'argent et l'acide hydrosulfurique, que l'oxigène, dans l'acide fulminique, était exactement remplacé par le soufre, et que nous avions ainsi obtenu une combinaison de soufre et de cyanogène.

Tels sont les résultats que nous avons rapportés dans le Mémoire cité. Depuis quelque temps j'ai entrepris des recherches ayant pour objet une connaissance plus exacte de l'acide obtenu en décomposant le fulminate d'argent par l'acide hydrosulfurique. Les résultats de ces nouvelles recherches s'écartent un peu de ceux que nous avions obtenus, mais nous n'avions point donné à ces divers acides une attention particulière.

Si l'on fait passer du gaz hydrosulfurique à travers de l'eau tenant en suspension du fulminate d'argent, et que l'on agite fortement le liquide avant que le fulminate soit entièrement décomposé, on remarquera une odeur extrêmement pénétrante, et l'ammoniaque placée dans le voisinage produira un nuage blanc. Aussitôt que le sel est entièrement décomposé, ce qui arrive lorsque le liquide s'éclaircit, on ne remarque plus d'odeur.

Le liquide séparé par le filtre du sulfure d'argent a une saveur acerbe et rougit le tournesol; il laisse dégager de l'ammoniaque par son mélange avec la chaux; il précipite le chlorure de barium après avoir été chauffé avec l'acide nitrique, donne un précipité volumineux jaune avec le nitrate d'argent, et change la couleur des sels de peroxide de fer en un rouge foncé. Il paraît

résulter de là que l'acide cyanique, décomposé par l'acide hydrosulfurique, s'est changé en cyanite (?) d'ammoniaque, et en un acide particulier contenant du soufre, qui diffère de l'acide sulfocyanique. Le liquide laissé quelque temps à l'air dépose une poudre jaune, et l'on remarque alors l'odeur de l'acide hydrocyanique; en se concentrant par l'évaporation, il donne un sel déliquescent à base d'ammoniaque, qui laisse exhaler avec les acides l'odeur pénétrante de l'acide sulfocyanique.

Comme il était vraisemblable que la formation de l'ammoniaque avait été déterminée par l'affinité de l'acide, je me suis servi dans une autre expérience, pour décomposer le fulminate d'argent, du sulfure de barium obtenu en traitant le sulfate de baryte par le noir de fumée. Le sulfure de barium a été ajouté peu à peu au fulminate en suspension dans l'eau bouillante, tant qu'il s'est formé du sulfure d'argent. Le liquide, filtré, était très-alcalin, mais il n'a point donné d'acide hydrosulfurique en y ajoutant un acide : le nitrate d'argent y a produit un précipité jaune, mais qui est devenu noir en se desséchant. Un courant de gaz carbonique qu'on a fait passer à travers le liquide n'a produit qu'une petite quantité de carbonate, et par l'évaporation on a obtenu un sel jaune qui, chauffé à 100°, a brûlé sans lumière au moment où il a perdu les dernières portions de son humidité, et est devenu gris. Traité alors par l'eau, celle-ci a dissous du sulfocyanure de barium, et il est resté du carbonate de baryte : les acides en dégagent de l'acide sulfocyanique et de l'acide carbonique, et la chaux de l'ammoniaque. Chauffé

dans un tube de verre après avoir été desséché, il se fond, donne du carbonate d'ammoniaque et du cyanogène, et il reste du sulfure de barium.

Lorsqu'on précipite le nitrate d'argent par le sel de baryte récemment préparé, on obtient un précipité jaune volumineux qui, bien lavé et chauffé avec de l'eau jusqu'à 100°, se change en sulfure d'argent, en produisant du carbonate d'ammoniaque. Il paraît résulter de là que l'acide qui est uni avec ces oxides doit contenir de l'oxigène, outre du carbone, de l'hydrogène et de l'azote.

En décomposant le sel de baryte par l'acide sulfurique, on obtient un liquide acide qui se décompose très-facilement. Si le sel était pur, on n'observe aucun autre produit particulier; mais s'il contenait de l'argent, même une trace, il se dégage de l'acide hydrocyanique.

Si l'on filtre le liquide provenant de la décomposition du fulminate d'argent par le sulfure de barium, avant que tout le fulminate soit décomposé, du fulminate d'argent et de baryte cristallise après le refroidissement; ce qui montre que le fulminate de mercure perd la moitié de son oxide avant que l'acide fulminique lui-même éprouve aucun changement.

Si l'acide fulminique donne la moitié de son oxigène au sulfure de barium, et qu'il prenne en échange une quantité correspondante de soufre, le nouvel acide serait formé de 2 atomes de cyanogène, 1 de soufre et 1 d'oxigène, et le sel d'argent, en se décomposant à la chaleur de l'ébullition avec 6 atomes d'eau, produirait

1 atome de sulfure d'argent, 4 d'acide carbonique et 2 d'ammoniaque.

Quoique ces résultats n'aient point la rigueur qu'on pourrait désirer, ils prouvent néanmoins que, par la décomposition du fulminate d'argent par l'acide hydrosulfurique ou le sulfure de barium, il se forme d'autres produits que ceux que l'on avait supposés, et qu'enfin la couleur rouge que prend un liquide mêlé avec un sel de peroxide de fer n'est point une preuve suffisante de l'existence de l'acide sulfocyanique, puisqu'il y a plusieurs autres corps entièrement différens de cet acide qui possèdent la même propriété.

---

## Analyse *de Monnaies d'argent romaines, trouvées à Famars.*

Par Mr H. Feneulle.

Le village de Famars (*Fanum Martis*), situé à une lieue de Valenciennes, vers le sud, était, à l'époque de la domination romaine dans ces contrées, une forteresse considérable de la Gaule seconde Belgique. Après la ruine de Bavai en 385, les Romains s'étant repliés sur Famars, y rassemblèrent toutes leurs forces militaires pour s'opposer aux progrès des nations germaniques. Cette nouvelle cité acquit bientôt assez d'importance pour donner son nom à tout le pays environnant, qui fut appelé *Pagus Fano Martensis* jusqu'au dixième siècle; après quoi, la dénomination de *Hainaut* commença à prévaloir.

Les monumens trouvés à Famars à diverses époques, et quelques vestiges d'anciens retranchemens sur le Mont-Joui (*Mons Jovis*) avaient souvent attiré l'attention des archéologues; mais il paraît qu'on n'avait jamais pratiqué en ce lieu de fouilles suivies.

Une société d'amateurs se forma à Valenciennes en 1822 pour l'exploration de cet endroit remarquable; un grand nombre d'antiquaires et d'hommes de lettres s'empressèrent de prendre des actions, et bientôt les travaux furent couronnés du plus heureux résultat. Il faut compter parmi les découvertes vraiment intéressantes qu'on y fit, celle de plusieurs milliers de médailles romaines, qui furent réparties entre les actionnaires.

La Société d'Emulation de Cambrai m'ayant remis quelques-unes de ces médailles, je me suis empressé de les soumettre à l'analyse. Le procédé suivi a été le même pour toutes; on a commencé à traiter la pièce par l'acide nitrique concentré; la dissolution a été mise à siccité, délayée dans l'eau distillée et jetée sur un filtre, sur lequel on a séparé en général une matière d'un pourpre plus ou moins foncé.

La dissolution nitrique a été précipitée par l'acide hydrochlorique; du poids du chlorure d'argent fondu, on a déduit la proportion d'argent.

Le cuivre a été obtenu en changeant la dissolution nitrique en sulfate acide, et on a recueilli ce métal en faisant bouillir la liqueur avec une lame de fer.

Pour déterminer la nature de la matière pourpre, on l'a calcinée au rouge dans un creuset de platine. Traitée à chaud par l'acide hydrochlorique concentré, celui-ci

dissolvit une portion d'étain, qu'on rendit sensible, soit par l'hydrogène sulfuré qui y formait un précipité brun, soit par le chlorure d'or qui donnait lieu à du pourpre. Le résidu insoluble dans l'acide hydrochlorique s'est dissous en partie dans l'eau régale, à l'exception d'une petite quantité de peroxide d'étain, que l'on a reconnu en le soufflant à la flamme intérieure du chalumeau sur un charbon avec un peu de soude; il fournit un globule métallique. La deuxième dissolution, privée de son excès d'acide par l'évaporation, a donné avec le proto-sulfate de fer, le nitrate de mercure, le proto-chlorure d'étain, des preuves non équivoques de la présence de l'or.

Dans ces monnaies, excepté deux, dans lesquelles le précipité, insoluble dans l'acide nitrique, était de l'or pur, les autres dépôts ont été considérés comme du peroxide d'étain; en effet, la quantité d'or qu'ils retenaient était peu considérable : en défalquant l'oxigène, on a fait la part du métal.

1re. Imp. Caes. Vespasianus Avg. Revers, Tr. Pot. Une femme debout, tenant un caducée.

Poids de la médaille = 3g,04.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 2g,431..... | 100; |
| Cuivre, | 0,589..... | 24,23 (1); |
| Or, | 0,02 sans trace perceptible d'étain. | |
| | 3,040. | |

(1) Toutes les médailles ont été décapées, ce qui fait que la proportion de cuivre se trouve nécessairement moindre qu'elle ne devrait l'être.

2e. Traiano Avg. Ger. Dac. Pm. Tr. P. Sa tête ceinte d'une couronne de laurier. Revers, Cos. v. P. P. S. R. optimo princ. Une déesse représentant la Victoire debout.

Poids de la médaille, 2g,8.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 2g,455..... | 100; |
| Cuivre, | 0,341..... | 13,9; |
| Etain, Or, | 0,004; | |
| | 2g,800. | |

3e. Hadrianvs Avg. Cos. iii. P. P. Sa tête nue. Revers, Salvs Avg. Une femme debout.

Poids de la médaille, 3g,47.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 2g,808..... | 100; |
| Cuivre, | 0,661 | 23,54; |
| Etain, Or, | 0,001; | |
| | 3g,470. | |

4e. Sabine, femme du précédent.

Sabina Avgvsta. Revers, Veneri Genetrici. Une femme debout.

Poids de la médaille, 2g,67.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 2g,279..... | 100; |
| Cuivre, | 0,381..... | 16,717; |
| Etain, | 0,010. | |
| | 2g,670. | |

5e. Antoninvs Avg. P. P. Tr. Pxi. Sa tête ceinte de laurier. Revers, Cos. iii. Une femme debout, tenant un gouvernail.

Poids de la médaille, 3g,87.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Argent, | 2g,717... | 100; | |
| Cuivre, | 1,053... | 38,75... | 100; |
| Etain, Or, | 0,100. | | 9,5; |
| | 3g,870. | | |

6e. Diva Favstina. La tête de Faustine. Revers, Avgvsta. Cérès debout, tenant des épis.

Poids de la médaille, 3g,01.

Analyse faite sur 2g,54.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 2g,038..... | 100; |
| Cuivre, | 0,497..... | 24,38; |
| Etain, Or, | 0,005. | |
| | 2g,540. | |

7e. Avrelivs Caesar Avg. Pii. c. La tête nue de M. Aurèle. Revers, Tr. Pot. xij cos. ij. Apollon debout, en habit de femme.

Poids de la médaille, 2g,92.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 2g,326..... | 100; |
| Cuivre, | 0,592..... | 25,4; |
| Etain, Or, | 0,002. | |
| | 2g,920. | |

8e. Faustina Augusta. Revers, Fecvnd. Avgvstae. Une femme debout avec quatre enfans.

Poids de la médaille, 3g,51.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 2g,806..... | 100; |
| Cuivre, | 0 ,700..... | 24,74; |
| Or, | 0 ,004. | |
| | 3g,510. | |

9e. M. Commodvs Antoninvs Avg. Revers, Tr. P. vii. Imp. vi. Cos. iiii. P. P. Une femme debout près d'un autel.

Poids de la médaille, 2g,703.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 1g,814..... | 100; |
| Cuivre, | 0 ,869..... | 47,906; |
| Etain, Or, | 0 ,02. | |
| | 2g,703. | |

10e. Imp. Gordianus Pivs. Fel Avg. Revers, Iovi Statori. Jupiter debout.

Poids de la médaille, 3g,4;
Quantité analysée, 3 ,34.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Argent, | 0g,941... | 100; | |
| Cuivre, | 2 ,262... | 240,38... | 100; |
| Etain, Or, | 0 ,137..... | | 6,056. |
| | 3g,340. | | |

11e. Imp. M. Ivl. Philippvs Avg. Revers, Annona Avg. G. Une femme debout, tenant une corne d'abondance.

Poids de la médaille, 3g,5;
Quantité analysée, 3 ,47.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 1g,508..... | 100; |
| Cuivre, | 1 ,917..... | 127,122; |
| Etain, Or, | 0 ,045. | |
| | 3g,470. | |

12e. M. Otacil. Severa Avg. Revers, Concordia Avg. G. La Concorde assise.

Poids de la médaille, 3g,165;
Quantité analysée, 3 ,055.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 1g,158..... | 100; |
| Cuivre, | 1 ,841..... | 158,98; |
| Etain, Or, | 0 ,056. | |
| | 3g,055. | |

13e. Imp. C. M. Q. Trajanvs Decivs Avg. Revers, Victoria Avg. Victoire passant.

Poids de la médaille, 3g,768;
Analyse faite sur 3 ,758.

| | | |
|---|---|---|
| Argent, | 1g,49..... | 100; |
| Cuivre, | 2 ,213.... | 148,523; |
| Etain, Or, | 0 ,055. | |
| | 3g,758. | |

Dans la matière insoluble par l'acide nitrique, analogue au pourpre de Cassius, la quantité d'or n'y est pas considérable; cet or, comme l'a déjà observé le savant Klaproth, se trouvait à la surface des bronzes, provenant des statues, dont on s'est servi pour faire les monnaies. Toutes les médailles analysées varient encore par les proportions d'étain, ce qui peut faire penser, ou qu'on a employé un cuivre impur, ou plutôt que des fragmens de bronze ont été mêlés à du cuivre et fondus avec de l'argent.

---

Lettre *de M.* d'Aubuisson, *Ingénieur en chef des Mines, à M.* Arago, *sur la Dépense réelle d'un orifice d'où sort un courant d'air.*

« Monsieur,

» Chargé, à l'occasion de l'établissement d'un ventilateur aux mines de Rancié (Arriège), de faire des expériences sur la résistance que l'air éprouve en se mouvant dans des tuyaux de conduite, il m'a fallu, pour tirer tout le parti convenable de mes observations, connaître la dépense absolue de ces tuyaux, et par conséquent déterminer le rapport qu'il y a entre la dépense réelle et la dépense théorique d'un orifice d'où il sort un courant d'air sous une pression connue, rapport désigné, en hydraulique, sous le nom de *coefficient de contraction de la veine fluide.*

» Ne trouvant dans les ouvrages, soit nationaux, soit étrangers, parvenus à ma connaissance, aucune déter-

mination de ce rapport (sauf une seule expérience de M. Girard insérée dans le tome XI de vos *Annales*), il m'a fallu y procéder moi-même, et je viens de faire, à ce sujet, plus de cent cinquante expériences gazométriques, dont les résultats m'ont paru remplir une lacune dans la dynamique des fluides élastiques; j'ai cru qu'à ce titre ils pourraient vous offrir quelque intérêt et je vous les adresse : les détails en seront vraisemblablement publiés, par la suite, dans les *Annales des Mines*.

» Le gazomètre que j'ai fait faire avait $0^m,65$ de diamètre et $0^m,80$ de hauteur. Il portait un manomètre à eau. A une ouverture pratiquée sur le fond supérieur, on adaptait à volonté des orifices ou ajutages différens par leur grandeur et par leur forme : j'en avais dix-neuf. A l'aide des poids dont on chargeait le gazomètre, on le faisait descendre plus ou moins promptement; ces poids ont porté le manomètre de $0^m,028$ à $0^m,144$ au-dessus de zéro, et par conséquent ils ont imprimé au courant d'air qui sortait par nos orifices, des vitesses de 21 à 48 mètres par seconde.

» Chaque orifice ou ajutage a donné lieu à une série de dix à douze expériences faites sous diverses charges.

» La section du gazomètre (0,331 mètre carré), multipliée par la hauteur dont cet instrument descendait dans l'unité de temps, donnait la dépense réelle. On obtenait la dépense théorique par l'expression suivante :

$$310\, d^2 \sqrt{h \frac{1 + 0,004\, t}{13,6\, b + h}},$$

dans laquelle $d$ représente le diamètre de l'orifice, $h$ la

hauteur du manomètre, *b* celle du baromètre, et *t* celle du thermomètre. La première de ces dépenses, divisée par la seconde, donnait le rapport ou coefficient cherché.

» Nos expériences se rangent naturellement sous trois classes : 1°. celles sur des orifices en minces parois; 2°. celles avec des ajutages cylindriques; 3°. celles avec des ajutages coniques.

» Nos orifices en minces parois étaient des trous circulaires percés dans des plaques de fer-blanc : les ajutages cylindriques avaient une hauteur trois fois plus grande que le diamètre; dans les ajutages coniques, le diamètre de la base inférieure du tronc de cône était double du diamètre de la base supérieure ou orifice, et la hauteur triple de ce dernier diamètre.

» Le tableau suivant présente le résultat moyen de chaque série :

| ORIFICE. | | COEFFICIENT MOYEN | |
|---|---|---|---|
| ESPÈCE. | DIAMÈTRE. | DE LA SÉRIE. | DE LA CLASSE. |
| | mèt. | | |
| Paroi mince... | 0,01 | 0,630 | 0,649 |
| *Id.*..... | 0,015 | 0,652 | |
| *Id.*..... | 0,02 | 0,646 | |
| *Id.*..... | 0,03 | 0,673 | |
| Ajutage cylindr. | 0,01 | 0,931 | 0,926 |
| *Id.*..... | 0,015 | 0,924 | |
| *Id.*..... | 0,02 | 0,916 | |
| *Id.*..... | 0,03 | 0,933 | |
| Ajutage coniq. | 0,01 | 0,927 | 0,928 |
| *Id.*..... | 0,015 | 0,917 | |
| *Id.*..... | 0,02 | 0,936 | |
| *Id.*..... | 0,03 | 0,933 | |

» Vous vous rappellerez que les coefficiens de contraction pour les fluides incompressibles sont :

En minces parois..... 0,62 ;
Avec ajutages cylindriques (tuyaux additionnels). 0,82 ;
Avec ajutages coniques..... de 0,85 à 0,95.

» J'ai encore voulu savoir :

» 1°. Quelle était l'influence de la longueur des ajutages sur le coefficient de contraction. J'ai en conséquence pris quatre tuyaux cylindriques différens par leur longueur, mais ayant tous même diamètre, $0^m,015$, et j'ai obtenu les résultats suivans :

Pour le tuyau de $0^m,022$, le coefficient a été 0,927 ;
..... ..... 0,045 ..... 0,924 ;
..... 0,160 ..... 0,832 ;
..... 0,325 ..... 0,738.

» 2°. Quelle était l'influence de l'évasement dans les ajutages coniques. J'ai fait faire des ajutages ayant tous $0^m,015$ de diamètre à l'orifice, mais de différens diamètres à la base et de différentes hauteurs. Le tableau suivant présente les résultats obtenus ; il montre en même temps la grandeur des variations dans les expériences d'une même série. Vous y verrez en outre que les coefficiens de contraction sont indépendans de la charge, et il n'en est pas entièrement de même pour l'eau.

| AJUTAGE CONIQUE. | | | LA HAUTEUR DU MANOMÈTRE ÉTANT DE : | | | | | COEFFICIENT MOYEN. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Longueur. | DIAMÈTRE A la base. | DIAMÈTRE A l'orifice. | m. 0,028 | m. 0,050 | m. 0,072 | m 0,096 | m. 0,120 | |
| m. | m. | m. | | | | | | |
| 0,045 | 0,02 | 0,015 | 0,929 | 0,939 | 0,940 | 0,933 | .... | 0,938 |
| *id.* | 0,03 | *id.* | 0,913 | 0,916 | 0,915 | 0,927 | 0,916 | 0,917 |
| *id.* | 0,06 | *id.* | 0,786 | 0,810 | 0,797 | 0,803 | 0,794 | 0,798 |
| 0,025 | 0,02 | *id.* | 0,946 | 0,939 | 0,940 | 0,960 | 0,951 | 0,947 |
| 0,01 | 0,02 | *id.* | 0,888 | 0,877 | 0,881 | 0,881 | 0,874 | 0,880 |

» Il suit de ces expériences que la forme conique a très-peu d'avantage sur la forme cylindrique, et qu'elle ne doit pas s'en écarter notablement : il n'en est pas de même dans les fluides incompressibles.

» Je conclus en disant :

» Lorsque l'air sort d'un réservoir en vertu d'une pression quelconque, le rapport entre la dépense réelle et la dépense théorique sera :

0,65, si l'écoulement a lieu par un orifice percé en très-mince paroi ;

0,93, s'il a lieu par un court ajutage cylindrique ;

0,95 par un court ajutage conique peu évasé ;

et me référant au cas qui intéresse le plus la pratique, j'ajoute qu'en employant des ajutages ou bases légèrement coniques, la dépense réelle sera de 6 pour 100 moindre que la dépense théorique.

» Agréez, etc., etc. »

Toulouse, le 30 juillet 1826.

## Analyse *de l'Halloysite.*

Par Mr P. Berthier.

Ce minéral vient d'Angleure, près Liège; il se trouve en rognons ou tubercules quelquefois plus gros que le poing, dans un de ces amas de minerais de fer, de zinc et de plomb qui remplissent les cavités du calcaire de transition du Nord, et qui sont surtout si communs dans les provinces de Liège et de Namur. M. Omalius d'Halloy est le premier qui l'ait observé, il y a déjà plusieurs années : les minéralogistes approuveront sans doute que je donne à cette nouvelle espèce le nom d'un savant, dont les travaux ont si puissamment contribué à l'avancement de la géologie.

L'halloysite est compacte, à cassure conchoïde cireuse; elle se laisse rayer par l'ongle et elle prend le poli sous le frottement du doigt : sa couleur est le blanc pur ou le blanc légèrement nuancé de bleu grisâtre; elle est translucide sur les bords : elle happe fortement à la langue. Lorsqu'on la met en petits morceaux dans l'eau, elle devient transparente comme l'hydrophane, il s'en dégage de l'air, et son poids augmente d'environ un cinquième. Par la calcination elle perd 0,265 à 0,280 d'eau; elle acquiert une très-grande dureté, et sa couleur passe au blanc de lait.

Si l'on tient sa poussière exposée pendant un certain temps à une température qui s'approche de 100°, elle abandonne de l'eau; car, après cela, elle ne diminue plus que de 0,16 par la calcination. La poussière desséchée, mais non calcinée, absorbe rapidement l'eau

quand on la plonge dans ce liquide, ou quand on la laisse au contact de l'air humide.

L'acide sulfurique l'attaque facilement, même à froid; il s'en sépare de la silice en gelée, et qui se dissout complètement dans les alcalis; une analyse faite par ce moyen a donné :

| | | Oxigène. | |
|---|---|---|---|
| Silice..... | 0,395 — | 0,206 — | 4; |
| Alumine... | 0,340 — | 0,158 — | 3; |
| Eau..... | 0,265 — | 0,235. | |

Par une autre analyse dans laquelle on a employé la fusion au creuset d'argent avec de la potasse, on a obtenu un peu plus de silice et un peu moins d'alumine. On a recherché les acides phosphorique et fluorique, la chaux, la magnésie, la glucine et l'oxide de cuivre; mais on n'en a pas trouvé. L'alumine contenait une petite quantité de fer, ce qui me porte à croire que la teinte bleue que l'halloysite présente dans quelques points est due à une trace de phosphate de fer.

Si l'on ne regarde comme combinée que l'eau qui reste après la dessiccation à l'étuve, l'analyse donnera :

| | | Oxigène. |
|---|---|---|
| Silice..... | 0,4494 — | 0,234; |
| Alumine... | 0,3906 — | 0,182; |
| Eau..... | 0,1600 — | 0,142. |
| | 1,0000. | |

Mais il paraît extrêmement difficile de déterminer avec une parfaite exactitude la portion d'eau qui est en état de combinaison, et celle qui n'est qu'absorbée par attraction capillaire.

Il est très-probable que la véritable composition de l'halloysite est représentée par la formule $2AlS^2+AlAq^2$, qui correspond aux nombres suivans :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0,393 | Silice..... | 0,470 | 0,732. |
| | Alumine... | 0,262 | |
| | Alumine... | 0,131 | 0,268. |
| | Eau..... | 0,137 | |
| | | 1,000. | |

Si ce minéral venait à se rencontrer en quantité considérable, on pourrait l'employer avec grand avantage pour fabriquer de l'alun ou du sulfate simple d'alumine.

---

## Sur *l'Alliage fusible et sur une combinaison métallique réfrigérante.*

Par M. Döbereiner.

L'alliage composé de :

| | |
|---|---|
| Plomb, | 0,340, |
| Etain, | 0,194, |
| Bismuth, | 0,466, |

est fusible à 99° centigrades. On peut admettre qu'il est composé d'un atome de l'alliage *Bi.Pb*, fusible à 162° ou 169° cent., uni à un atome de l'alliage *Bi.Sn*, qui se fond de 131° à 137 centigr. Lors de la combinaison de ces deux alliages, il se produit du froid. Voici un exemple d'abaissement de température plus frappant :

Ayant mêlé ensemble 207g de plomb; 118g d'étain; 284g de bismuth et 1617g de mercure à la température de +17°,5 centigr., le thermomètre descendit de suite à — 10° centigr.

---

## Sur *la Lumière qui se développe au moment où l'acide borique fondu se sépare en fragmens.*

Par M. Dumas.

L'acide borique, fondu, présente un phénomène particulier au moment de son refroidissement. Lorsque ce refroidissement s'opère dans un creuset de platine, au moment où les contractions des deux matières deviennent trop inégales, l'acide borique se fendille en jetant une vive lueur qui suit la direction des fentes; cette lueur, probablement due à la cause qui développe des électricités de noms contraires dans les lames de mica que l'on divise brusquement, est assez forte pour être vue de jour. L'expérience est remarquable dans l'obscurité, et on suit mieux la marche du sillon lumineux.

---

## ERRATA.

Tome XXXII, page 204, ligne 24 : *au lieu de*, et toutefois, *lisez*, si toutefois.

Page 206, ligne 30 : *au lieu de*, Entdezzungen, *lisez*, *Entdeckungen*.

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Juillet* 1826.

| JOURS | 9 heures du matin. Barom à 0°. | 9 heures du matin. Therm. extér. | 9 heures du matin. Hygr. | Midi. Barom. à 0°. | Midi. Therm. extér. | Midi. Hygr. | 3 heures du soir. Barom. à 0°. | 3 heures du soir. Therm. extér. | 3 heures du soir. Hygr. | 9 heures du soir. Barom. à 0°. | 9 heures du soir. Therm extér. | 9 heures du soir. Hygr. | Thermomètre. maxim. | Thermomètre. minim. | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 759,10 | +28,2 | 57 | 759,97 | +28,0 | 74 | 759,95 | +28,0 | 65 | 761,40 | +22,7 | 82 | +31,5 | +19,5 | Nuageux. | N. O. |
| 2 | 763,00 | +26,0 | 66 | 762,72 | +28,4 | 62 | 761,80 | +28,0 | 58 | 762,78 | +23,0 | 80 | +28,5 | +17,8 | Quelques nuages. | N O. |
| 3 | 762,32 | +26,2 | 69 | 761 25 | +28,2 | 64 | 760,22 | +28,7 | 52 | 759,37 | +25,0 | 68 | +28,7 | +17,0 | Beau. | N. |
| 4 | 757 42 | +29,3 | 66 | 756,68 | +31,8 | 56 | 755,26 | +30,9 | 54 | 754,62 | +25,8 | 70 | +31,8 | +19,0 | Nuageux. | E. |
| 5 | 755,61 | +30,7 | 62 | 755,05 | +33,5 | 59 | 755,30 | +21,0 | 84 | 754,88 | +23,2 | 89 | +33,5 | +20,0 | Nuageux | S. O. |
| 6 | 755,63 | +24,6 | 88 | 754,23 | +23,5 | 78 | 753,86 | +27,6 | 65 | 753,92 | +21,2 | 85 | +27,6 | +18,1 | Quelques éclaircies. | N. |
| 7 | 754,25 | +25,2 | 67 | 753,75 | +26,2 | 62 | 752,50 | +27,5 | 52 | 751.62 | +20,5 | 85 | +27,6 | +18,0 | Nuageux. | O. |
| 8 | 750 70 | +24,8 | 73 | 750,27 | +27,2 | 66 | 749,36 | +27,8 | 58 | 749,60 | +21,4 | 90 | +27,8 | +19,0 | Quelques éclaircies. | S. |
| 9 | 750,58 | +24,6 | 76 | 750,60 | +21,7 | 88 | 749,88 | +27,5 | 70 | 750,08 | +19,7 | 99 | +27,5 | +18,9 | Quelq. gout. d'eau. | S S. E. |
| 10 | 753,67 | +21,3 | 69 | 754,10 | +23,3 | 64 | 754,35 | +24,0 | 60 | 754,84 | +19,3 | 88 | +24,0 | +15,5 | Couvert. | O N. O. |
| 11 | 755,62 | +23,0 | 75 | 756,46 | +19,9 | 86 | 756,04 | +23.0 | 72 | 756,82 | +17,0 | 95 | +23,0 | +16,5 | Pluie légère. | O. |
| 12 | 757,64 | +22,5 | 66 | 756,94 | +25,8 | 58 | 755,12 | +25,9 | 60 | 755,32 | +21,4 | 80 | +25,9 | +13,8 | Nuageux. | O. S. O, |
| 13 | 753,35 | +25,0 | 70 | 751,90 | +27,7 | 62 | 750,28 | +28,5 | 58 | 749,80 | +22,4 | 76 | +28,5 | +16,5 | Petits nuages. | S |
| 14 | 753,48 | +22,0 | 68 | 753,70 | +25,5 | 59 | 753,17 | +25,8 | 55 | 755,16 | +19,4 | 80 | +25,8 | +17,4 | Nuageux. | O. S O. |
| 15 | 756,61 | +20,6 | 75 | 756,56 | +24,0 | 63 | 755,60 | +19,2 | 82 | 756,73 | +16,9 | 97 | +24,0 | +16,7 | Petites éclaircies. | S. O. |
| 16 | 756,86 | +20,8 | 72 | 757,05 | +19,6 | 78 | 755,95 | +21,0 | 69 | 755,24 | +18,5 | 88 | +22,0 | +13,4 | Pluie fine. | O. |
| 17 | 756,70 | +21,4 | 74 | 756,82 | +23,0 | 61 | 756,80 | +23,7 | 57 | 757,45 | +18,2 | 75 | +23,7 | +15,7 | Nuageux. | O. |
| 18 | 757,60 | +21,6 | 60 | 757 00 | +23,9 | 59 | 756,20 | +24,5 | 57 | 756,63 | +19,0 | 80 | +25,1 | +12,3 | Serein. | O. |
| 19 | 757,37 | +22,0 | 73 | 757,47 | +23,7 | 64 | 757,00 | +24,5 | 62 | 758,43 | +17,7 | 79 | +24,5 | +14,0 | Nuageux. | O. |
| 20 | 759.14 | +20,9 | 65 | 758,70 | +22,0 | 60 | 757,75 | +23,0 | 50 | 756,40 | +17,2 | 78 | +23,0 | +11,8 | Couvert. | O. |
| 21 | 752,00 | +18,6 | 81 | 751,52 | +20,0 | 91 | 750,95 | +18,2 | 90 | 750,97 | +18,7 | 88 | +20,0 | +15,6 | Pluie. | S. O. |
| 22 | 750,52 | +15,8 | 90 | 750,37 | +20,0 | 77 | 750,50 | +19,0 | 81 | 752,18 | +15,5 | 99 | +20,0 | +13,0 | Quelq. pet. éclaire. | S. |
| 23 | 754,14 | +19,5 | 76 | 754,00 | +22,7 | 62 | 754,03 | +24,2 | 56 | 755,15 | +18,5 | 94 | +24 2 | +12,0 | Nuageux. | N. |
| 24 | 755,58 | +18,8 | 86 | 755,47 | +17,0 | 99 | 754,94 | +18,8 | 96 | 755,73 | +18,5 | 99 | +18,8 | +15,4 | Pluie abondante. | O. |
| 25 | 757,28 | +18,2 | 92 | 757,07 | +24,0 | 71 | 756,70 | +26,1 | 64 | 758,57 | +19,6 | 80 | +26,1 | +17,2 | Quelques éclaircies. | N. N. O. |
| 26 | 760,60 | +18,0 | 88 | 760,46 | +22,2 | 69 | 760,40 | +23,2 | 62 | 761,23 | +18.4 | 72 | +23,3 | +16,3 | Quelques nuages | N. E. |
| 27 | 762,62 | +17,6 | 70 | 762,20 | +19,2 | 61 | 761,33 | +20,0 | 60 | 761,30 | +17 5 | 68 | +20,0 | +12,2 | Nuageux. | N. E. |
| 28 | 760,03 | +20,5 | 77 | 759 09 | +23,0 | 62 | 758,60 | +24,5 | 59 | 758 3 | +19 8 | 64 | +24,5 | +13,8 | Nuageux. | N. N. E. |
| 29 | 759,20 | +23,5 | 60 | 758,70 | +25,4 | 46 | 757,70 | +25,5 | 45 | 757,86 | +20,9 | 53 | +25,5 | +14,0 | Quelq petits nuages. | E. S. E. |
| 30 | 758,06 | +26,5 | 50 | 758,53 | +27,5 | 43 | 757,92 | +27,5 | 42 | 757,74 | +22,8 | 54 | +27,8 | +14,0 | Beau | S. E. |
| 31 | 757,34 | +27,7 | 57 | 756,82 | +31,0 | 45 | 755,80 | +32,2 | 36 | 755,68 | +25,2 | 53 | +32,3 | +14,5 | Superbe. | S. E. |
| 1 | 756,23 | +26,1 | 69 | 755,86 | +27,2 | 67 | 755,25 | +27,1 | 62 | 755 31 | +22,2 | 84 | +28,8 | +18,3 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie en centim. |
| 2 | 756,44 | +22,0 | 70 | 756,26 | +23,5 | 65 | 755,59 | +23,9 | 63 | 755,80 | +18,8 | 83 | +24,6 | +14,8 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 3,11[illegible] |
| 3 | 757,11 | +20,4 | 75 | 756,75 | +22,9 | 66 | 756,26 | +23,0 | 63 | 756,72 | +19.6 | 75 | +23 9 | +14,4 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 2,85[illegible] |
| | 756,61 | +22,8 | 71 | 756,30 | +24,5 | 66 | 755,72 | +24.8 | 63 | 755 97 | +20,1 | 80 | +25,7 | +15,8 | Moyennes du mois, | + 20,7. |

# MÉMOIRE

## *Sur une Substance particulière contenue dans l'eau de la mer.*

PAR M. BALARD,

Pharmacien et Préparateur de chimie à la Faculté des Sciences, à Montpellier.

### § I. *Histoire de ces Recherches.*

J'AVAIS plusieurs fois observé qu'en traitant par la solution aqueuse du chlore la lessive des cendres de fucus qui contiennent de l'iode, après avoir ajouté une solution d'amidon, il se manifestait, non-seulement une zone bleue dont l'iode faisait partie, mais encore un peu au-dessus d'elle, une zone d'une nuance jaune assez intense.

Cette couleur jaune orangée s'était montrée également lorsque j'avais traité de la même manière l'eau mère de nos salins; et la teinte était d'autant plus foncée que le liquide était lui-même plus concentré. La manifestation de cette nuance s'accompagnait d'une odeur vive particulière.

Je recherchai quelle pouvait être la nature de ce principe colorant, et mes premières tentatives me conduisirent sur son compte, aux observations suivantes:

1°. L'eau mère des salins, traitée par le chlore, perd sa couleur et son odeur caractéristiques par une exposition d'un ou deux jours au contact de l'air, sans que le chlore puisse ensuite y reproduire le même phénomène;

2°. Si on la traite par les alcalis ou les sous-carbonates alcalins, l'odeur et la couleur s'effacent également;

3°. Les mêmes effets se produisent lorsqu'on ajoute au liquide coloré un réactif propre à céder de l'hydrogène, ou par lui-même ou avec l'intervention de l'eau.

C'est ce que font l'acide sulfureux, l'ammoniaque, l'hydrogène sulfuré, les hydro-sulfates, mais surtout un mélange de zinc et d'acide sulfurique qui présente au liquide de l'hydrogène à l'état de gaz naissant;

4°. Dans le cas où la décoloration est l'ouvrage des alcalis ou des corps hydrogénés, l'addition du chlore peut rétablir la nuance primitive.

Deux interprétations se présentaient naturellement pour rendre raison de ces divers phénomènes.

En premier lieu, on pouvait supposer que la matière jaune était une combinaison du chlore avec quelqu'un des matériaux contenus dans l'eau mère des salins.

On pouvait admettre, en second lieu, que la substance colorante avait été dégagée de quelqu'une de ses combinaisons par le chlore qui avait pris sa place.

Pour savoir à quoi s'en tenir, il était indispensable d'obtenir la matière colorante dans son état d'isolement. Sa volatilité semblait faire espérer que la distillation suffirait pour la séparer du liquide, et j'eus recours à ce procédé.

L'eau saline douée de sa teinte jaune, soumise à la distillation, laissa effectivement dégager, dès les premiers instans de l'ébullition, des vapeurs rutilantes très-épaisses qui se condensèrent par le refroidissement

en un liquide où je retrouvai la majeure partie des propriétés de la liqueur colorée ; mais ces propriétés étaient bien plus prononcées.

Ce liquide, d'une couleur jaune-rougeâtre, d'une odeur que l'on serait tenté de comparer à celle de l'oxide de chlore, était dépourvu d'acidité, et perdait sa teinte par l'action des alcalis, des acides sulfureux, hydrosulfurique, etc., et de tous les agens, en un mot, qui décoloraient l'eau des salins elle-même après l'action du chlore.

On ne pouvait douter dès-lors que ce premier produit de la distillation ne contînt la matière qui m'occupait, d'autant que le reste du liquide avait perdu sous ce rapport toutes ses qualités primitives. Sa couleur avait disparu : à la place de son odeur vive, on ne retrouvait plus qu'une odeur éthérée sur laquelle je reviendrai par la suite. Le chlore n'avait plus la faculté de lui redonner la teinte jaune.

Pour obtenir cette substance dans son état de pureté, il ne s'agissait plus que de la séparer de l'eau qui se volatilisait simultanément avec elle.

A cet effet, je fis passer les vapeurs rutilantes sur du chlorure de calcium. Elles se condensèrent dans un petit récipient, en gouttelettes d'une couleur rouge très-foncée, très-volatiles, très-rutilantes, remplissant le petit vase où elles se trouvaient contenues de vapeurs comparables, pour la couleur, à la vapeur nitreuse.

Je crus avoir ainsi obtenu, dans sa pureté, la matière colorante; mais le procédé était peu productif. Je jugeai qu'une opération m'avait réussi quand elle me donnait une goutte de liquide.

Des quantités aussi minimes de matière ne se prêtaient guères qu'à des expériences en quelque sorte microscopiques. Je leur dus cependant d'éclaircir les premières conjectures que je fus porté à essayer sur la nature de cette substance ; et les recherches que j'ai pu exécuter ensuite plus en grand sont venues les confirmer.

Je fus tenté d'abord de prendre cette matière pour un chlorure d'iode, différent, à la vérité, des composés de cette nature signalés par les chimistes.

Ce fut en vain que je dirigeai dans ce sens tous mes essais. Le refus de colorer en bleu la solution d'amidon et de précipiter la solution de sublimé ; la précipitation en blanc du proto-nitrate de mercure, ainsi que du nitrate de plomb, etc., tout m'assurait que l'iode n'était pour rien dans sa constitution.

D'un autre côté, j'avais successivement soumis cette substance à l'influence de la pile voltaïque, aussi-bien qu'à celle d'une température élevée, et dans aucun de ces cas, elle ne m'avait offert le moindre vestige de décomposition. Une telle résistance ne put que me suggérer l'idée que j'avais affaire à un corps simple, ou se comportant à la manière des corps simples.

C'est en effet le sentiment que tous les traitemens que je lui ai fait subir sont venus encourager à l'envi.

J'ai cru y apercevoir une substance simple ; présentant, dans ses aptitudes chimiques, les plus grands traits de ressemblance avec le chlore et l'iode ; se prêtant à faire partie de combinaisons absolument analogues ; mais offrant toutefois, dans l'ensemble de ses propriétés physiques et de ses actions chimiques, les plus fortes raisons pour en être distinguée.

§ II. *De la Dénomination de la Substance rouge, retirée de l'eau mère des salins, après l'action du chlore.*

La conjecture que je regardais comme la plus plausible sur la nature de cette substance rouge que l'on retire de l'eau mère des salines, par suite de l'action du chlore, et à laquelle je m'étais arrêté, entraînait avec elle la nécessité de lui attacher un nom qui pût permettre de la suivre plus facilement dans ses composés, et qui, tout en me dispensant de recourir aux dénominations de *matière rouge*, de *substance dégagée par le chlore*, *etc.*, nécessairement embarrassantes, se prêtât à représenter avec plus de fidélité l'opinion que j'en avais conçue.

J'eus recours aux lumières du savant professeur dont je m'honore d'être l'élève, et dont les sages conseils ont dirigé mon inexpérience dans le cours de ce travail exécuté sous ses yeux.

Je dois à ses avis, aux inspirations qu'il m'a suggérées, d'avoir franchi des obstacles qui eussent embarrassé mes recherches, et je me plais à lui en témoigner ici toute ma reconnaissance.

M. Anglada me conseilla d'appeler cette substance *Brôme*, en déduisant cette dénomination du grec βρωμος (*fœtor*). Ce nom se prête à merveille à la formation des dénominations composées que nécessitent ses combinaisons, et je l'adopte pour la facilité du langage.

Si les chimistes confirment les résultats que je crois avoir entrevus, s'ils assurent définitivement à cette sub-

stance un rang parmi les corps simples, je pense que cette dénomination pourra être maintenue.

## § III. *De l'Extraction du Brôme.*

J'ai pu mettre en œuvre, pour l'extraction du brôme, deux procédés différens dont je vais m'occuper successivement.

*Premier Procédé.* J'en ai déjà dit quelques mots : il consiste à distiller l'eau mère des salines après l'action du chlore, et à condenser par un mélange réfrigérant les vapeurs rutilantes qui se dégagent au moment de l'ébullition.

L'on n'obtient, par ce procédé d'une exécution lente, qu'une petite quantité de brôme, et de brôme impur. Je me suis convaincu qu'il se trouvait ainsi constamment mêlé avec une combinaison ternaire d'hydrogène, de carbone et de brôme, analogue, par sa nature et ses propriétés, à l'hydro-carbure de chlore.

C'est ce qui me fit renoncer tout-à-fait à ce mode d'extraction, lorsque j'eus trouvé, pour arriver au même but, une méthode d'une exécution plus facile, et donnant du brôme plus pur dans de plus grandes proportions.

*Second Procédé.* Après avoir fait passer à travers l'eau mère des salines un courant de chlore (1), je verse à la

---

(1) L'expérience m'a fait connaître qu'il convenait de n'en point mettre une trop grande proportion, si l'on veut éviter de perdre une certaine quantité de brôme, qui se transformerait sans cela en une combinaison dont il sera question sous le nom de *chlorure de brôme.*

surface du liquide une certaine quantité d'éther, et je remplis ainsi entièrement le flacon où la liqueur se trouve renfermée ; en agitant ensuite fortement de manière à mêler ces deux liquides, et laissant reposer quelques instans pour favoriser leur séparation, l'éther surnage, coloré d'un rouge hyacinthe assez beau ; tandis que l'eau mère des salins décolorée ne présente plus, au lieu de l'odeur vive et irritante du brôme, que l'odeur suave de l'éther qu'elle tient en solution.

L'éther coloré (véritable solution éthérée de brôme) perd ensuite sa teinte et son odeur désagréable, en l'agitant avec quelque substance alcaline, et notamment avec la potasse caustique. Celle-ci absorbe le brôme, et en agitant successivement l'eau mère des salins jaunie avec l'éther, et l'éther coloré avec la potasse, je parviens à combiner avec une petite quantité de cet alcali tout le brôme développé dans une assez grande masse d'eau.

La potasse qui perd peu à peu toutes ses propriétés alcalines se transforme en une matière saline, soluble dans l'eau, et cristallise en cubes par l'évaporation du liquide. C'est de ces cristaux cubiques que je me sers avec succès pour l'extraction du brôme.

Je mêle la matière de ces cristaux après les avoir pulvérisés avec du peroxide de manganèse purifié, et je verse sur ce mélange placé dans un petit appareil distillatoire de l'acide sulfurique étendu de la moitié de son poids d'eau.

Cet acide, qui n'aurait dégagé que des vapeurs blanches et très-peu de brôme si on l'eût mis en contact avec les cristaux seuls, ou bien même si on l'eût fait

agir dans un grand état de concentration sur le mélange indiqué, produit, dans cette circonstance, des vapeurs rutilantes qui se condensent en gouttelettes de brôme.

On peut recueillir celui-ci en faisant plonger le col de la cornue au fond d'un petit récipient rempli d'eau froide. Le brôme qui arrive en vapeurs se dissout dans ce liquide; celui qui se condense dans le col de la cornue sous forme de gouttelettes se précipite au fond du vase à cause de sa grande pesanteur spécifique.

Quelqu'affinité que possède l'eau pour ce corps, la couche de liquide qui l'entoure est bientôt saturée, et environnant le brôme de toutes parts, elle le garantit de l'action dissolvante des couches supérieures.

Il suffit ensuite, pour l'obtenir dans un grand état de pureté, de le séparer et de le priver de l'eau qu'il pourrait retenir, de le distiller sur du chlorure de calcium.

## § IV. *De quelques-unes des Propriétés du Brôme, et notamment de ses propriétés physiques.*

Le brôme se présente sous la forme d'un liquide rouge-noirâtre quand on le regarde en masse et par réflexion, d'un rouge hyacinthe quand on l'interpose en couche mince entre la lumière et l'œil.

Son odeur très-désagréable rappelle, quoique à un degré bien plus intense, celle des oxides de chlore.

Sa saveur est des plus fortes.

Il attaque les matières organiques, le bois, le liège, etc., et notamment la peau qu'il corrode en la colorant fortement en jaune. La teinte qu'il lui communique, moins intense que celle que produit l'iode, disparaît

comme elle au bout de quelque temps ; et si le contact de cet agent a été d'une certaine durée, la couleur ne disparaît qu'avec les débris de l'épiderme.

Il agit avec énergie sur les animaux. Une goutte déposée dans le bec d'un oiseau a suffi pour lui donner la mort.

La pesanteur spécifique, autant que j'ai pu l'évaluer avec de petites quantités de matière, a été trouvée de 2,966.

Le brôme résiste sans se congeler à une température de — 18° c.

Il se volatilise aisément, et cette grande volatilité contraste beaucoup avec sa pesanteur spécifique : il suffit de mettre une goutte de brôme dans un vase quelconque, pour que sa capacité soit à l'instant remplie par une vapeur rutilante très-foncée, que l'on confondrait, à cause de sa couleur, avec celle de l'acide nitreux, si elle ne s'en distinguait par une foule de caractères.

Il entre en ébullition à la température de + 47° c. Le calorique, dont l'action peut ainsi faire varier l'état physique du brôme, paraît n'agir aucunement sur sa nature chimique. Je n'ai du moins remarqué aucune décomposition, en faisant passer sa vapeur dans un tube de verre luté et fortement rougi.

Le brôme n'est pas conducteur de l'électricité voltaïque. Je m'en suis convaincu en mettant en communication les deux pôles d'une pile avec un petit appareil propre à réaliser la décomposition de l'eau. Cette décomposition, qui s'opérait très-bien quand je faisais communiquer directement le liquide avec les deux extré-

mités de la pile au moyen de fils métalliques, cessait instantanément lorsque j'introduisais dans l'arc conducteur une colonne de brôme, longue de 3 à 4 lignes.

L'électricité ne paraît pas non plus susceptible de décomposer le brôme. Cette substance, soumise à l'influence d'une pile assez forte pour décomposer l'eau, les solutions salines, etc., ne m'a laissé apercevoir ni diminution de volume, ni dégagement gazeux, ni dépôt d'aucune matière sur l'extrémité des fils conducteurs de platine, en un mot, aucun indice de décomposition.

Les vapeurs de brôme ne peuvent point entretenir la combustion. Une bougie allumée, que l'on plonge dans une telle atmosphère, s'y éteint bientôt; mais avant de s'éteindre, elle brûle quelques instans avec une flamme verte à la base et rougeâtre à la partie supérieure, comme cela a lieu dans le chlore gazeux.

Le brôme se dissout dans l'eau, dans l'alcool et surtout dans l'éther.

L'acide sulfurique n'en dissout que de très-faibles proportions (1).

L'huile d'olive réagit sur lui d'une manière lente.

Il ne rougit point la teinture du tournesol, mais il la décolore rapidement, à-peu-près à l'instar du chlore. La solution sulfurique d'indigo est également décolorée.

---

(1) On peut utiliser cette propriété pour conserver le brôme dans des vases imparfaitement fermés, parce que l'acide sulfurique, plus léger, devient un obstacle à son évaporation.

## § V. *De l'Acide hydro-bromique.*

La grande analogie que j'avais remarquée entre l'action du brôme et celle du chlore sur les couleurs végétales, me fit penser qu'elle existait aussi entre les causes de ces phénomènes, et que le brôme, avide d'hydrogène, l'enlevait probablement comme le chlore aux composés organiques que l'on mettait en contact avec lui. Ce fut ce motif qui dirigea mes expériences vers la recherche de la combinaison de l'hydrogène avec le brôme.

Je tentai d'abord de faire agir directement l'un sur l'autre l'hydrogène et le brôme, mais ce fut sans succès. Mes essais furent plus heureux lorsque je mis en rapport le brôme avec plusieurs combinaisons hydrogénées gazeuses. J'obtins par là un gaz incolore, fortement acide, qui, absorbé par la potasse, reproduisait les cristaux cubiques que j'avais déjà obtenus, en agitant cet alcali avec l'éther chargé de brôme.

J'essayai dès-lors de retirer de ces cristaux eux-mêmes la matière gazeuse qu'ils sembaient contenir. Traités par l'acide sulfurique concentré, ils laissèrent dégager un gaz acide que je reconnus pour de l'acide hydro-bromique, lorsque j'eus remarqué que le chlore le décomposait en précipitant des vapeurs de brôme, et que certains métaux, en lui enlevant cette substance, ne laissaient pour résidu que de l'hydrogène pur.

L'acide hydro-bromique peut être préparé par des procédés divers :

1°. J ai exposé pendant quelque temps à l'influence des rayons solaires de l'hydrogène mêlé de vapeurs de

brôme, sans observer des phénomènes sensibles de combinaison; mais j'ai vu se produire du gaz acide hydro-bromique, en exposant ce mélange à la flamme d'une bougie, ou mieux encore en introduisant une tige de fer en ignition dans le bocal qui le renferme.

Dans tous ces cas, la réaction ne s'est point propagée dans toute la masse, comme cela a lieu avec le chlore et l'hydrogène. La combinaison ne s'est produite qu'autour du corps chaud qui l'a provoquée. Peut-être qu'il n'en aurait pas été de même, si j'avais pu recueillir et mesurer des vapeurs de brôme, et les mêler ainsi à des volumes déterminés de gaz hydrogène.

2°. Les gaz acides hydriodique, hydrosulfurique et l'hydrogène phosphoré sont décomposés par le brôme, qui se change en acide hydro-bromique en précipitant des vapeurs d'iode, du soufre ou du phosphore.

Cette décomposition s'effectue toujours avec dégagement de calorique.

Le volume gazeux ne change pas sensiblement quand on décompose le gaz acide hydriodique par le brôme; il augmente au contraire, quand on opère la décomposition de l'acide hydrosulfurique ou de l'hydrogène phosphoré.

Le brôme agit de la même manière sur ces composés hydrogénés quand ils sont en dissolution dans l'eau, et il se forme encore, à leurs dépens, de l'acide hydro-bromique.

3°. On peut procéder à la préparation de l'acide hydro-bromique en décomposant par l'acide sulfurique les cristaux cubiques obtenus par la potasse et la solution éthérée du brôme; mais le gaz qu'on recueille ainsi se

trouve souvent mêlé avec une petite quantité d'acides sulfureux et hydrochlorique, ce qui ne permet pas d'employer cette méthode quand on veut avoir l'acide hydro-bromique parfaitement pur.

4°. Pour obtenir cet acide dans sa pureté, j'ai eu recours à un procédé calqué en quelque sorte sur celui qui sert à extraire l'acide hydriodique gazeux. Du brôme et du phosphore, mis en contact et humectés avec quelques gouttes d'eau, laissent en effet dégager abondamment une matière gazeuse, qu'on peut recueillir sur la cuve au mercure, et qui n'est que le gaz acide hydro-bromique.

Ce composé possède les propriétés suivantes :

Il est incolore, sa saveur est parfaitement acide. Il répand, au contact de l'air, des vapeurs blanches, plus denses que celles que pourrait produire l'acide hydrochlorique dans les mêmes circonstances. Ces vapeurs ont une odeur très-piquante et provoquent fortement la toux.

L'acide hydro-bromique n'éprouve aucune décomposition quand on lui fait traverser un tube de verre rougi. Il n'est nullement altéré, non plus, quand on le fait passer dans un semblable tube, après l'avoir mêlé avec le gaz oxigène, ou bien encore quand on plonge une bougie allumée dans ce mélange gazeux.

D'un autre côté, le brôme ne paraît pas susceptible de décomposer l'eau, comme le fait le chlore. Je n'ai, en effet, observé ni dégagement d'oxigène, ni production d'acide hydro-bromique, en faisant passer du brôme et de la vapeur d'eau à travers un tube de verre porté au rouge.

L'acide hydro-bromique est décomposable par le chlore, qui, s'emparant de son hydrogène, produit sur-le-champ d'abondantes vapeurs rutilantes et un dépôt de gouttelettes de brôme.

En opérant sur le mercure, ces gouttelettes sont bientôt absorbées par ce métal, et la matière gazeuse qui reste après la réaction possède tous les caractères de l'acide hydrochlorique.

Certains métaux peuvent aussi décomposer le gaz acide hydro-bromique. Il m'a semblé que, lorsqu'il était pur, le mercure ne lui faisait éprouver aucune altération ; mais l'étain, le potassium produisent une entière décomposition ; le premier à une température un peu élevée, le second à la température ordinaire.

Un fragment de potassium, que l'on fait passer dans un tube gradué plein de ce gaz, perd en peu d'instans son brillant métallique, et se transforme en une matière blanche qui laisse dégager du brôme par l'action du chlore.

Le volume de la substance gazeuse diminue rigoureusement de moitié dans cette expérience, et l'on trouve, pour résidu, de l'hydrogène.

Le gaz acide hydro-bromique aurait, d'après cette expérience, une composition analogue à celle des acides hydrochlorique et hydriodique, c'est-à-dire qu'il serait formé de volumes égaux d'hydrogène et de vapeurs de brôme, sans augmentation ni contraction de volume.

Le gaz acide hydro-bromique est très-soluble dans l'eau. La solution aqueuse peut être préparée, ou bien en traitant par le brôme, l'acide hydrosulfurique liquide, ou bien encore en faisant passer à travers l'eau,

le gaz acide dégagé par l'un des procédés déjà indiqués. Celle-ci s'échauffe, augmente de volume, acquiert une grande densité, ainsi que la faculté de répandre des vapeurs blanches au contact de l'air.

Cette solution est incolore quand elle a été convenablement préparée; mais si le gaz acide hydro-bromique dégagé se trouve mêlé de vapeurs de brôme, elle possède une couleur rutilante très-foncée. On peut faire acquérir cette teinte à la solution incolore de gaz acide hydro-bromique en l'agitant avec du brôme. Elle en dissout alors beaucoup plus que n'aurait pu le faire un égal volume d'eau pure. Cette dissolution pourrait être signalée sous le nom d'*acide hydro-bromique brômé*.

Si l'on chauffe ce nouveau composé, il se dégage des vapeurs de brôme et d'acide hydro-bromique, et il ne reste qu'une solution acide, presque incolore à la vérité, mais aussi bien moins concentrée.

Le chlore décompose sur-le-champ l'acide hydro-bromique liquide, et lui communique une teinte due au brôme mis à nu.

L'acide nitrique réagit sur l'acide hydro-bromique d'une manière moins subite, mais qui se prononce avec plus d'énergie dès que la réaction a commencé.

Il se produit alors beaucoup de brôme, et probablement de l'eau et de l'acide nitreux. On obtient ainsi un liquide analogue à l'eau régale, et qui dissout effectivement l'or et le platine.

On retrouve jusqu'à un certain degré, dans l'acide sulfurique, la propriété de décomposer l'acide hydro-bromique : aussi n'est-il pas rare, lorsqu'on dégage ce gaz par le moyen de l'acide sulfurique, de voir se

former des vapeurs de brôme et du gaz acide sulfureux, par une réaction dont les causes sont faciles à entrevoir (1).

Certains métaux agissent sur l'acide hydro-bromique liquide. Le fer, le zinc, l'étain s'y dissolvent avec dégagement d'hydrogène.

Les oxides métalliques mis en contact avec cet acide agissent diversement sur lui.

La majeure partie d'entr'eux, les alcalis, les terres, les oxides de fer, le deutoxide de cuivre, celui de mercure forment des combinaisons liquides que l'on peut regarder comme des hydro-bromates.

Il est des oxides avec lesquels l'acide hydro-bromique donne lieu à une double décomposition, en produisant de l'eau et des bromures métalliques; tels sont le protoxide de plomb et l'oxide d'argent.

Ceux de ces oxides qui, contenant beaucoup d'oxigène, n'ont point d'affinité pour l'acide hydro-bromique, ou ne peuvent pas former, en le décomposant, des bromures correspondans à ce haut degré d'oxidation, perdent une portion de leur oxigène qui détermine la décomposition d'une partie de l'acide hydro-bromique, et, par suite, un dégagement de brôme. L'oxide, moins oxigéné, forme ensuite avec l'acide qui

---

(1) Je me suis convaincu que, pour éviter cet inconvénient, il était préférable de verser l'acide sulfurique sur les cristaux en masse, que sur leur substance pulvérisée. La portion d'acide hydro-bromique, qui se décompose dans ce cas, est d'autant moindre que les cristaux ont plus de volume, et que l'acide sulfurique est employé en moindre quantité.

a échappé à la décomposition un hydro-bromate ou un bromure métallique.

C'est une action de ce genre qu'exercent le deutoxide et le tritoxide de plomb, le peroxide d'antimoine (acide antimonique) et le peroxide de manganèse. On peut aussi faire usage de la réaction de ce dernier composé et de l'acide hydro-bromique pour préparer le brôme. Cette méthode, semblable à celle qui sert à extraire le chlore gazeux, est d'une exécution plus facile que le procédé que j'ai déjà indiqué.

Le brôme a, comme on le voit, pour l'hydrogène, une affinité moindre que celle du chlore, mais plus grande que celle de l'iode.

L'hydrogène s'unit aisément au chlore; il est plus difficile de le combiner directement à l'iode et au brôme. Le chlore décompose l'eau à une haute température; le brôme et l'iode ne peuvent point opérer sa décomposition dans la même circonstance.

L'acide hydro-bromique est enfin décomposé par le chlore, mais le brôme décompose à son tour l'acide hydriodique.

L'action des métaux sur ces divers hydracides amène encore à la même conséquence. L'acide hydriodique se dénature au contact du mercure; l'acide hydro-bromique pur peut, au contraire, être long-temps conservé sur ce métal, sans y éprouver d'altération sensible; mais à une température peu élevée, il commence à être décomposé par l'étain qui n'aurait exercé, à cette même température, aucune action sur l'acide hydrochlorique.

Il résulte de cette inégale affinité, que les propriétés du gaz acide hydro-bromique tiennent en quelque sorte

le milieu entre celles des acides hydrochlorique et hydriodique. S'il ressemble au premier par la difficulté que l'on éprouve à le décomposer, sous l'influence combinée d'une haute température et de l'oxigène, d'un autre côté, il se rapproche du second par la propriété qu'il a d'être altéré jusqu'à un certain point par l'acide sulfurique, et par son aptitude à se charger d'un excès de brôme.

## § VI. *Des Hydro-Bromates et des Bromures métalliques.*

L'action du brôme sur les métaux présente les plus grands traits de ressemblance avec celle que le chlore exerce sur ces mêmes corps. L'antimoine et l'étain brûlent au contact du brôme. Le potassium dégage tant de calorique et de lumière en s'unissant avec lui, qu'il en résulte une détonnation assez violente pour briser les vases de verre dans lesquels on opère, et projeter au loin le résultat de la combinaison.

Les bromures directs qui se forment dans ces corps, et notamment le bromure de potassium, semblent se confondre, par leur aspect et leurs propriétés, avec ceux qu'on obtient, lorsqu'on traite les oxides métalliques par l'acide hydro-bromique, soit par la voie sèche, soit par la voie humide, après toutefois qu'on a évaporé les dissolutions, ou fait cristalliser. Leurs solutions aqueuses ont toutes leurs propriétés communes avec les hydro-bromates correspondans. Tout cela rend très-probable qu'à l'instar des chlorures et des iodures, les bromures métalliques se transforment en hydro-

bromates par la dissolution dans l'eau, et que réciproquement les hydro-bromates se changent en bromures en passant à l'état concret.

L'étude de ces deux ordres de composés ne saurait donc être séparée sans inconvénient.

Comme je n'ai préparé qu'un petit nombre d'hydro-bromates ou de bromures, je ne puis encore tracer leur histoire générale. Il me suffira de dire qu'on reconnaît aisément les hydro-bromates à la faculté qu'ils possèdent de jaunir et de laisser dégager du brôme, quand on a fait agir sur eux des corps attirant fortement l'hydrogène, tels que les acides chlorique, nitrique, et surtout le chlore; ce qui rend raison de l'emploi de ce dernier corps pour l'extraction du brôme. Quant aux bromures, ils sont tous décomposés par le chlore avec dégagement de brôme.

### *Du Bromure de Potassium.*

J'ai employé plusieurs procédés pour la préparation du bromure de potassium : 1°. Je l'ai obtenu en plongeant le métal dans la vapeur du brôme; 2°. en décomposant par son moyen l'acide hydro-bromique; 3°. en unissant directement cet acide à la potasse, évaporant la dissolution et desséchant le résidu. 4°. Les cristaux cubiques, que l'on obtient en saturant par la potasse l'éther chargé de brôme, peuvent être conçus ou comme un hydro-bromate de potasse, ou comme un bromure de potassium. Ils contiennent toujours de petites proportions d'hydrochlorates de potasse ou de soude.

Le bromure de potassium a les mêmes propriétés, de quelque manière qu'on l'ait préparé.

Si, après l'avoir fait dissoudre dans l'eau, on le ramène à l'état cristallin ; il prend ordinairement la forme de cubes, quelquefois celle de longs parallélipipèdes rectangulaires. Sa saveur est piquante. Exposé à l'action du calorique, il décrépite et se fond de la fusion ignée, sans éprouver d'altération.

Le chlore le décompose à une température élevée ; il se dégage du brôme, et il se forme du chlorure de potassium.

L'iode n'a sur lui aucune action, même à une haute température. Le brôme que l'on fait passer sur de l'iodure de potassium fondu, en dégage au contraire d'abondantes vapeurs violettes.

L'acide borique ne peut le décomposer à la température rouge, à moins qu'on ne fasse passer de la vapeur d'eau au travers du mélange fortement chauffé : dans ce cas, il se dégage de l'acide hydro-bromique.

Le bromure de potassium se transforme, au contact de l'eau, en hydro-bromate de potasse ; celui-ci se dissout dans ce liquide plus à chaud qu'à froid, en produisant un refroidissement sensible. Il se dissout aussi dans l'alcool, mais en petite quantité.

La solution d'hydro-bromate de potasse ne dissout pas plus de brôme que ne ferait l'eau pure.

L'acide sulfurique le décompose en dégageant des vapeurs d'acide hydro-bromique et de brôme.

1,27 gramme de brôme, traité de cette manière, a laissé pour résidu 0,973 de sulfate de potasse. Cette quantité de sel contient 0,52668 de potasse, qui sont formés de 0,08927 d'oxigène et de 0,43741 de potassium.

Le bromure de potassium serait composé, d'après cette expérience, de :

| | |
|---|---|
| Brôme, | 65,56; |
| Potassium, | 34,44. |
| | 100,00. |

Si l'on suppose que ce composé est formé d'un atome de brôme et d'un atome de potassium, le poids atomistique du premier corps serait de 93,26, en représentant par 10 le poids de l'atome d'oxigène.

Les bromures métalliques se transforment en hydro-bromates neutres par leur dissolution dans l'eau. Celle-ci se trouve décomposée, et deux volumes d'hydrogène abandonnent un volume d'oxigène qui s'unit au métal. Comme l'acide hydro-bromique est formé de volumes égaux d'hydrogène et de vapeurs de brôme, il en résulte que les deux volumes d'hydrogène mis à nu doivent produire quatre volumes d'acide hydro-bromique. On doit conclure dès-lors que les hydro-bromates métalliques contiennent un volume d'acide hydro-bromique quatre fois plus grand que celui de l'oxigène qui fait partie de leur oxide. Or, comme les 0,08927 gr. d'oxigène occupent un volume de 0,0624 lit., 1,270 gram. de bromure de potassium doit donner naissance à 0,2496 lit. d'acide hydro-bromique. La pesanteur spécifique des vapeurs de brôme serait, d'après ces données, de 5,1354, et celle de l'acide hydro-bromique de 2,6021. Je n'ai pas encore vérifié si ces résultats, suggérés par la théorie, sont confirmés par l'expérience.

### *Hydro-Bromate d'Ammoniaque.*

Le gaz acide hydro-bromique s'unit, à volumes égaux, avec le gaz ammoniaque. Il en résulte une combinaison saline qu'on peut aussi obtenir en combinant l'acide hydro-bromique avec l'ammoniaque liquide. J'ai encore préparé l'hydro-bromate d'ammoniaque en décomposant par le brôme l'ammoniaque gazeux ou dissous dans l'eau. Les résultats de cette action sont une émission de calorique sans lumière, un dégagement d'azote et la formation d'hydro-bromate d'ammoniaque.

Dans aucun de ces cas, je n'ai pu observer qu'il se formât un composé analogue au chlorure d'azote.

L'hydro-bromate d'ammoniaque est solide, blanc. Exposé humide au contact de l'air, il y jaunit un peu et acquiert la faculté de rougir le papier bleu de tournesol. Il cristallise sous forme de longs prismes, sur lesquels d'autres plus petits sont implantés à angle droit. Il se vaporise par l'action du calorique.

### *Hydro-Bromate de Baryte.*

J'ai obtenu ce sel en agitant avec de l'hydrate de baryte la solution éthérée de brôme, ou bien en combinant directement la baryte à l'acide hydro-bromique.

L'hydro-bromate de baryte se fond quand on l'expose à l'action du calorique. Il est très-soluble dans l'eau. Il se dissout aussi dans l'alcool. Ses cristaux, groupés sous forme de mamelons opaques, n'ont aucune ressemblance avec les écailles transparentes que forme l'hydrochlorate de baryte.

### *Hydro-Bromate de Magnésie.*

Ce sel incristallisable, déliquescent, est décomposé comme l'hydrochlorate quand il est exposé à une température élevée.

### *Bromure de Plomb.*

Lorsqu'on verse dans une solution de plomb quelques gouttes d'un hydro-bromate dissous dans l'eau, il se forme un précipité blanc, d'apparence cristalline et qui possède l'aspect du chlorure de plomb. Ce précipité, fortement chauffé, se fond en un liquide rouge qui n'exhale que des vapeurs blanches, très-faibles, et qui se concrète, par le refroidissement, en une matière d'un beau jaune semblable au jaune minéral.

Le bromure de plomb, dans son état de désagrégation, est décomposable par les acides nitrique et sulfurique, avec dégagement de brôme dans le premier cas, de brôme et d'acide hydro-bromique dans le second. La grande cohésion qu'il acquiert par la fusion le rend inattaquable par l'acide nitrique. Il ne peut alors se décomposer que par l'intervention de l'acide sulfurique bouillant.

### *Deuto-Bromure d'Etain.*

J'ai déjà noté que l'étain se dissout dans l'acide hydro-bromique avec dégagement d'hydrogène. L'hydro-bromate qui en résulte, amené à siccité, se transforme en proto-bromure que j'ai peu examiné, mais que j'ai reconnu du moins comme très-différent de la combinaison que l'on obtient lorsqu'on fait agir directement

le brôme sur l'étain. Celui-ci est évidemment un deuto-bromure.

L'étain brûle au contact du brôme, et se transforme en un composé solide, blanc, d'apparence cristalline, très-fusible, aisément vaporisable.

Ce composé ne répand, au contact de l'air humide, que des traces de vapeurs blanches. Il se dissout dans l'eau sans dégager sensiblement de calorique, et se transforme en deuto-bromate acide.

Placé dans l'acide sulfurique chaud, il se liquéfie et reste plongé au fond de ce liquide, sous forme de gouttes huileuses, sans éprouver d'altération sensible. L'acide nitrique produit en peu d'instans, au contraire, un vif dégagement de brôme.

Le deuto-bromure d'étain, analogue à la liqueur fumante de Libavius, ne possède, comme on le voit, que peu des propriétés de ce dernier composé.

### *Bromures de Mercure.*

Le mercure peut se combiner en plusieurs proportions avec le brôme. Une solution d'hydro-bromate alcalin, agissant sur le proto-nitrate de mercure, décide la formation d'un précipité blanc, semblable au mercure doux, et qui paraît n'être qu'un proto-bromure de ce métal.

Le brôme attaque fortement le mercure. La combinaison s'opère avec dégagement de calorique, sans émission lumineuse. Il en résulte une matière blanche, sublimable, quand on l'expose à l'action de la chaleur, et qui, soluble dans l'eau, dans l'alcool et surtout dans l'éther, précipitable en rouge et en jaune par les alcalis,

présente beaucoup d'analogie avec le sublimé corrosif. Elle s'en distingue par la faculté de donner des vapeurs rutilantes de brôme quand on la traite par l'acide nitrique, et mieux encore par l'acide sulfurique. L'avantage que semble acquérir, dans ce cas, ce dernier acide m'a paru tenir à ce qu'il peut agir avec le secours d'une plus haute température.

### *Bromure d'Argent.*

Le nitrate d'argent produit dans les hydro-bromates solubles un précipité caillebotté de bromure d'argent.

Ce composé, d'un jaune serin faible quand il a été séché à l'ombre, noircit au contraire quand on l'expose, encore humide, à l'action de la lumière, mais avec moins de facilité que le chlorure d'argent. Il est comme lui insoluble dans l'eau, soluble dans l'ammoniaque, insoluble dans l'acide nitrique. Celui-ci ne l'altère nullement, même à la température de l'ébullition; l'acide sulfurique bouillant en dégage quelques vapeurs de brôme.

Le bromure d'argent exposé à l'action du calorique se fond en un liquide rougeâtre, qui se concrète par le refroidissement en une matière de couleur jaune et d'apparence cornée.

L'hydrogène à l'état de gaz naissant peut en opérer la décomposition. Il se produit alors de l'argent métallique et de l'acide hydro-bromique.

Je me suis servi de cette méthode pour analyser le bromure d'argent. J'ai introduit une quantité bien pesée de ce bromure dans un mélange de grenaille de zinc bien pur et d'acide sulfurique étendu. L'argent

a été réduit, et je n'ai pris le poids qu'après m'être assuré que le zinc avait été complètement dissous et avoir mis en œuvre les manipulations requises.

La moyenne de deux expériences qui ne différaient que très-peu l'une de l'autre, donnait, pour la composition de ce corps :

| | |
|---|---|
| Argent, | 589 ; |
| Brôme, | 411 ; |
| | 1000 ; |

ce qui offrirait, pour le poids atomistique du brôme, 94,29, nombre qui ne diffère pas beaucoup de celui qu'on peut déduire de l'analyse du bromure de potassium.

### *Bromure d'Or.*

Le brôme et sa solution aqueuse peuvent dissoudre des parcelles d'or. On obtient ainsi un bromure jaune, tachant en violet les substances animales et se décomposant par la chaleur en brôme et en or métallique.

### *Bromure de Platine.*

Le platine ne peut être attaqué par le brôme à la température ordinaire. Il se dissout cependant quand on le met en contact avec l'acide bromo-nitrique, et forme une combinaison de couleur jaune qui se décompose par la chaleur, et qui peut, comme le chlorure de platine, produire, dans la dissolution des sels de potasse et d'ammoniaque, des précipités jaunes peu solubles.

## § VII. *De l'Action du Brôme sur les oxides métalliques.*

Le brôme peut agir sur les oxides métalliques, dans deux circonstances différentes :

1°. Il peut agir sur ces corps secs et fortement chauffés ;

2°. Il peut exercer son action sur eux à la température ordinaire et avec le concours de l'eau.

Si l'on fait passer du brôme en vapeurs sur de la potasse, de la soude, de la baryte et de la chaux portées au rouge, il se manifeste une vive incandescence ; il se dégage du gaz oxigène, et l'on retrouve dans l'intérieur du tube des bromures de potassium, de sodium, etc.

Je n'ai pu parvenir à décomposer de la même manière la magnésie, non plus que la zircône. Le brôme a circulé autour de ces terres rougies, sans dégager de traces d'oxigène et sans entrer en combinaison avec elles.

L'oxide de zinc sublimé n'a point éprouvé non plus d'altération par l'action du brôme, aidé d'une haute température.

Les oxides métalliques que le brôme peut décomposer paraissent se soustraire à ce genre d'altération, quand ils sont combinés à un acide énergique. Aussi ai-je vainement tenté de dégager de l'oxigène en faisant passer du brôme sur du sulfate de potasse rougi.

Il n'en est pas de même lorsque l'acide n'a que peu d'affinité pour l'oxide métallique. Les carbonates alcalins sont en effet complètement décomposables par le brôme, qui en dégage un gaz formé de deux parties,

en volumes, d'acide carbonique et d'une partie d'oxigène.

Les phénomènes sont bien différens quand on fait agir le brôme sur les alcalis ou les terres que j'ai déjà désignées, dissoutes ou délayées dans une assez grande quantité d'eau. On n'aperçoit aucun dégagement d'oxigène; l'odeur et la couleur du brôme disparaissent; mais on retrouve dans le composé qui se forme la faculté de dégager cette substance par l'intervention des acides faibles, tel que l'acide acétique, et celle de décolorer promptement la teinture de tournesol.

Le brôme serait, d'après ces expériences, susceptible de former des bromures d'oxides, analogues aux chlorures de chaux, de soude, etc.

Lorsqu'enfin on met le brôme avec une solution de potasse très-concentrée, ou qu'on agite avec cet alcali solide l'éther chargé de brôme, on obtient par l'évaporation du liquide, non-seulement des cristaux cubiques d'hydro-bromates de potasse, mais encore des cristaux aiguillés qui paraissent n'être autre chose qu'un bromate de cette base. La baryte se comporte de la même manière avec le brôme. Il en est de même de la chaux. La magnésie ne paraît pas douée de la même propriété. L'analogie dit assez que la production de ces deux sortes de sels se rattache à la décomposition de l'eau.

La décomposition de l'eau qui s'effectue si aisément avec le concours des alcalis, se réalise également, mais d'une manière moins complète, lorsque le brôme agit sur elle, sous l'influence des rayons solaires. Une solution aqueuse de brôme que j'avais long-temps exposée aux rayons du soleil, me donna des indices sensibles de

l'existence des acides bromique et hydro-bromique, dont la formation ne peut guères s'expliquer qu'en supposant que l'eau avait été décomposée.

Il me semble que l'on peut déduire des faits contenus dans ce paragraphe et dans le précédent, que le brôme exerce sur les métaux une action moins énergique que celle du chlore, mais plus intense que celle de l'iode. Le dégagement lumineux et calorifique qui accompagne sa combinaison avec ces corps, l'emporte de beaucoup sur celui que l'iode produirait dans les mêmes circonstances. Si l'étain se combine avec le brôme en donnant lieu à un dégagement lumineux, ce qu'il ne fait point avec le chlore, cela tient peut-être à ce que le brôme, étant sous forme liquide, concourt à la combinaison avec l'avantage d'une plus grande masse agissante.

Les iodures sont décomposés par le brôme, et réciproquement les bromures le sont par le chlore.

L'iode, qui décompose très-bien la potasse et la soude à une température élevée, n'agit point sur la baryte, à laquelle il se combine en formant un iodure d'oxide. Le brôme, au contraire, opère la décomposition de cette base, et même de la chaux, mais ne peut agir aussi efficacement sur la magnésie, tandis que le chlore étend son action décomposante sur cet oxide.

## § VIII. *De l'Acide bromique et de ses Combinaisons.*

Lorsqu'on agite le brôme avec une solution de potasse suffisamment concentrée, il se forme, comme je l'ai déjà dit, deux composés bien différens. On obtient

de l'hydro-bromate de potasse en dissolution dans le liquide. Il se précipite au fond du vase une poudre blanche, cristalline, qui, susceptible de fuser sur les charbons ardens à la manière du nitre, de se transformer par la chaleur en bromure de potassium, tout en laissant dégager du gaz oxigène, paraît devoir être considérée comme du bromate de potasse.

Le bromate de potasse est très-peu soluble dans l'alcool; il se dissout en assez grande quantité dans l'eau bouillante, d'où il se précipite par le refroidissement sous forme d'aiguilles groupées les unes aux autres. Quand on le fait cristalliser par évaporation, il se dépose en lames cristallines d'un aspect mat.

Le bromate de potasse se décompose par la chaleur. Il déflagre sur les charbons incandescens. Mêlé en poudre avec les fleurs de soufre, il détonne par le choc.

La solution de ce sel forme un précipité dans celle du nitrate d'argent. Ce précipité blanc et pulvérulent, noircissant à peine au contact de la lumière, se distingue ainsi du bromure d'argent, qui est jaunâtre, caillebotté et facilement altérable par les rayons solaires.

Le bromate de potasse ne précipite point les sels de plomb, tandis que ces composés produisent un précipité cristallin très-abondant, dans la solution d'hydro-bromate de potasse.

Il forme avec le proto-nitrate de mercure un précipité blanc-jaunâtre, soluble dans l'acide nitrique.

Le bromate de potasse présente une propriété dont les chlorates sont dépourvus, mais que l'on retrouve à un haut degré dans les iodates. Son acide se décompose sous l'influence des causes hydrogénantes, comme s'il

était libre ; aussi l'acide sulfureux, l'hydrogène sulfuré, l'acide hydro-bromique et l'acide hydrochlorique réagissent sur le bromate de potasse, en produisant, dans les trois premiers cas, un dégagement de brôme ; dans le dernier, une combinaison de brôme et de chlore.

J'ai vainement essayé d'obtenir quelqu'oxide de brôme par la décomposition du bromate de potasse. Il est vrai que cela tient peut-être à la faiblesse des proportions de matières sur lesquelles j'ai pu tenter mes recherches.

L'acide hydro-bromique étendu d'eau dégage du brôme en agissant sur le bromate de potasse. L'acide sulfurique affaibli produit, à la température de l'eau bouillante, un dégagement de matière gazeuse, que j'ai successivement essayé de recueillir sur l'eau, sur le mercure ou sur l'huile. J'ai toujours obtenu du brôme et du gaz oxigène, ce qui semble indiquer, ou bien que le brôme ne peut point former d'oxides, ou bien encore que ces composés, si on peut les obtenir, ont une mobilité de constitution supérieure à celle des oxides de chlore.

On peut obtenir le bromate de potasse par un autre procédé que celui dont j'ai parlé. Il suffit, par exemple, de combiner le brôme au chlore, et de mettre en contact avec la potasse la solution aqueuse de ce composé, pour produire à l'instant, par la décomposition de l'eau, un bromate et un hydrochlorate de cet alcali. On sépare aisément ces sels l'un de l'autre à cause de leur inégale solubilité.

J'ai utilisé ce procédé pour la préparation du bromate de baryte que j'ai obtenu sous forme de cristaux acicu-

laires, solubles dans l'eau bouillante, peu solubles dans l'eau froide et susceptibles de fuser avec flamme verte sur les charbons ardens.

En versant de l'acide sulfurique étendu d'eau dans une solution aqueuse de bromate de baryte, de manière à précipiter toute la base qu'il contient, on obtient une liqueur qui n'est qu'une solution étendue d'acide bromique.

On peut enlever par l'évaporation lente la majeure partie de l'eau avec laquelle cet acide se trouve uni. Il acquiert alors une consistance sirupeuse. Si on élève davantage la température de manière à chasser complètement l'eau qu'il contient, une partie se vaporise, et l'autre se décompose en oxigène et en brôme.

Les mêmes effets m'ont semblé produits par l'évaporation de ce liquide dans le vide avec le concours de l'acide sulfurique. L'eau paraît donc nécessaire à la constitution de l'acide bromique.

Cet acide rougit d'abord fortement le papier de tournesol, et le décolore ensuite en peu de temps. Il est à peine odorant; sa saveur est très-acide, mais nullement caustique.

Les acides nitrique et sulfurique n'exercent point d'action chimique sur lui. Le second, quand il est très-concentré, produit, il est vrai, une effervescence due probablement à un dégagement d'oxigène, et met en liberté du brôme; mais cet effet paraît devoir être attribué à la température élevée que développe l'acide sulfurique, en se combinant avec l'eau de l'acide bromique; car il ne se produit point quand l'acide sulfurique est affaibli.

Les hydracides, ainsi que les acides qui ne sont point saturés d'oxigène, agissent, au contraire, avec beaucoup d'énergie sur l'acide bromique.

Les acides sulfureux, hydrosulfurique et hydrobromique le décomposent. Il en est de même des acides hydrochlorique et hydriodique. On obtient, dans ce dernier cas, des composés de brôme avec le chlore et l'iode.

Ces divers acides, combinés avec les bases, se comportent de même avec l'acide bromique.

L'acide bromique détermine dans les sels d'argent la formation d'un précipité blanc, pulvérulent, qui paraît n'être qu'un bromate métallique. Il précipite de la même manière les solutions concentrées des sels de plomb, mais le composé que l'on obtient dans cette circonstance se dissout par l'addition d'une petite quantité d'eau, et se distingue par cette solubilité de celui que les hydro-bromates forment dans la solution des mêmes sels métalliques.

Il donne encore, comme le bromate de potasse, un précipité blanc avec le proto-nitrate de mercure.

Les propriétés de l'acide bromique le rapprochent beaucoup des composés analogues du chlore et de l'iode; mais l'impossibilité de le priver complètement d'eau et d'élever la température jusqu'à l'ébullition, sans en opérer la décomposition, du moins partielle, le rapproche bien plus de l'acide chlorique, et indique que l'oxigène est moins fortement retenu que dans l'acide iodique.

Les proportions des principes qui le constituent le

présentent comme soumis aux mêmes lois de composition que les acides chlorique, iodique et nitrique.

En effet, 1,128 de bromate de potasse se sont réduits par la calcination à 0,790 de bromure de potassium. La perte de poids due au dégagement d'oxigène (1) était par conséquent de 0,338.

0,790 de bromure de potassium contiennent, d'après l'analyse que j'ai indiquée précédemment, 0,27255 de potassium et 0,51745 de brôme.

Cette quantité de potassium absorbe, pour se transformer en potasse, 0,05563 d'oxigène, qui, ôtés de 0,338, laissent 0,28237 pour la quantité d'oxigène unie à 0,51745 de brôme.

L'acide bromique serait formé, d'après cette expérience, de :

| | |
|---|---|
| 64,69 | brôme ; |
| 35,31 | oxigène. |
| 100,00. | |

En représentant le poids de l'atome de brôme par 93,28, nombre proportionnel fourni par l'analyse du bromure de potassium, et en supposant que l'acide bromique est formé de cinq atomes d'oxigène et d'un atome de brôme, on trouve que 100 parties d'acide bromique devraient contenir :

(1) J'exécutai cette opération de manière à recueillir et mesurer le gaz oxigène qui se dégageait ; mais un dérangement survenu dans l'appareil ne me permit pas de contrôler de cette manière les résultats que j'avais obtenus.

| | |
|---|---|
| Brôme, | 65,10; |
| Oxigène, | 34,90. |
| | 100,00. |

Ces nombres diffèrent si peu de ceux que fournit l'analyse directe de l'acide bromique, qu'il me semble que l'on peut regarder comme vraie la supposition d'après laquelle on les a obtenus.

## § IX. *De la Combinaison du Brôme avec le Chlore et l'Iode.*

Le brôme s'unit avec le chlore à la température ordinaire. On peut obtenir cette combinaison en faisant passer un courant de chlore au travers du brôme, et condensant au moyen d'un mélange réfrigérant les vapeurs qui se dégagent.

Le chlorure de brôme se présente sous la forme d'un liquide jaune-rougeâtre, beaucoup moins foncé que le brôme lui-même; d'une odeur vive, pénétrante et provoquant subitement les larmes; d'une saveur excessivement désagréable.

Il est très-fluide, très-volatil. Ses vapeurs, d'un jaune foncé comparable à la teinte des oxides de chlore, n'ont rien de semblable à la rutilance des vapeurs de brôme.

Il détermine la combustion des métaux avec lesquels il forme probablement des chlorures et des bromures métalliques.

Le chlorure de brôme est soluble dans l'eau. Il en résulte un liquide qui possède la couleur et l'odeur de ce composé, et qui peut comme lui décolorer rapidement le papier de tournesol sans le rougir.

Le chlorure de brôme peut par conséquent se dissoudre dans l'eau sans changer de nature.

Il décompose au contraire ce liquide sous l'influence des substances alcalines. La potasse, la soude, la baryte, versées dans une solution de chlorure de brôme, produisent des hydrochlorates et des bromates de ces bases, propriété que l'on retrouve dans le chlorure d'iode, et qui confirme que le chlore possède en effet plus d'affinité pour l'hydrogène que le brôme.

### *Bromure d'Iode.*

L'iode paraît susceptible de former avec le brôme deux composés différens. Si l'on fait agir l'un sur l'autre ces deux corps dans de certaines proportions, on obtient un composé solide, susceptible de produire, quand on le chauffe, des vapeurs brunes-rougeâtres qui se condensent en petits cristaux de la même couleur, et dont la forme rappelle celle des feuilles de fougère.

Une nouvelle addition de brôme transforme ces cristaux en un composé liquide d'un aspect semblable à l'acide hydriodique fortement ioduré.

Le bromure d'iode liquide est miscible à l'eau, à laquelle il communique la faculté de décolorer la teinture et le papier de tournesol, sans les faire passer au rouge.

Les alcalis versés dans cette dissolution donnent naissance à des hydro-bromates et à des iodates, comme l'analogie le faisait prévoir.

## § X. *De l'Action du Brôme sur le Phosphore, le soufre et le carbone.*

### *Bromure de Phosphore.*

Du phosphore et du brôme mis en contact dans un flacon rempli d'acide carbonique agissent subitement l'un sur l'autre avec dégagement de chaleur et de lumière.

Le résultat de la combinaison se partage en deux portions : l'une d'elles, solide, se sublime et cristallise dans la partie supérieure du vase ; l'autre, liquide, occupe la partie inférieure.

Cette dernière combinaison de brôme et de phosphore paraît contenir moins de brôme que le composé solide et cristallin dont j'ai parlé. On peut en effet lui faire acquérir cette dernière forme en y ajoutant des proportions suffisantes de brôme. Je l'appellerai donc *proto-bromure de phosphore*, tandis que je réserverai le nom de *deuto-bromure* pour le composé solide de phosphore et de brôme.

*Proto-Bromure.* Le proto-bromure de phosphore est est liquide, même à une température de — 12° c. Il ne rougit le papier de tournesol que d'une manière faible, peut-être même ne doit-il cette propriété qu'à la siccité imparfaite des matériaux avec lesquels on l'a préparé. Il se vaporise avec facilité et répand, au contact de l'air, des vapeurs piquantes.

Il peut, comme le proto-chlorure, dissoudre un excès de phosphore, et acquérir ainsi la propriété d'enflammer

les corps combustibles que l'on met en contact avec lui.

Il réagit sur l'eau avec beaucoup d'énergie, et produit avec un grand dégagement de calorique de l'acide hydro-bromique, qu'on peut recueillir sous la forme gazeuse quand on n'a ajouté que quelques gouttes d'eau, mais qui se dissout dans ce liquide quand on en a employé de plus grandes proportions.

Cette solution acide soumise à l'évaporation laisse un résidu qui brûle légèrement quand on le dessèche, et se transforme ainsi en acide phosphorique.

*Deuto-Bromure.* Le deuto-bromure de phosphore est solide, d'une couleur jaune; il se résout, à une température un peu élevée, en un liquide rouge qui par l'action du calorique produit des vapeurs de la même nuance.

Quand on refroidit le deuto-bromure de phosphore après sa fusion, ou que l'on condense ses vapeurs, il produit des cristaux de forme rhomboïdale dans le premier cas, tandis que, dans le second, ce composé se présente sous forme d'aiguilles implantées les unes sur les autres.

Les métaux le décomposent et produisent des bromures, et probablement des phosphures métalliques.

Il répand, au contact de l'air, des vapeurs denses et piquantes. Il opère avec dégagement de calorique la décomposition de l'eau que l'on met en contact avec lui, en produisant des acides hydro-bromique et phosphorique.

Lorsqu'on fait agir le chlore sur l'un ou l'autre des bromures de phosphore dont je viens de parler, il se

dégage des vapeurs rutilantes de brôme, et l'on obtient du chlorure de phosphore. L'iode ne peut point décomposer ces combinaisons ; on obtient au contraire des vapeurs violettes et du bromure quand on fait agir le brôme sur l'iodure de phosphore.

### *Du Bromure de Soufre.*

On peut obtenir le bromure de soufre en versant du brôme sur du soufre sublimé. Celui-ci se transforme en un liquide d'un aspect huileux, d'une teinte rougeâtre, beaucoup plus foncée que celle du chlorure de soufre, susceptible de répandre comme lui, au contact de l'air, des vapeurs blanches dont l'odeur rappelle celle de ce composé.

Le bromure de soufre ne rougit que faiblement le papier de tournesol ; il le rougit très-fortement avec le concours de l'eau. Celle-ci n'agit à froid que d'une manière lente sur le bromure de soufre : mais à la température de l'ébullition, il se produit une légère détonation ; il se forme de l'acide hydro-bromique, de l'acide sulfurique et de l'hydrogène sulfuré, tandis que dans les mêmes circonstances le chlorure de soufre aurait produit sans détonation de l'acide hydrochlorique, de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique. Le brômure de soufre est décomposé par le chlore avec dégagement de brôme et production de chlorure de soufre.

### *De l'Hydro-Carbure de Brôme.*

Je n'ai point observé de phénomènes de décomposition ou de combinaison en mettant à des températures

diverses le carbone en contact avec le brôme ; mais j'ai pu facilement combiner ce corps avec l'hydrogène percarboné.

Si l'on verse une goutte de brôme dans un flacon plein de ce gaz, elle est à l'instant convertie en une matière d'apparence oléagineuse plus pesante que l'eau, incolore, et qui ne présente plus, au lieu de l'odeur vive du brôme, qu'une odeur éthérée plus suave que celle de l'hydro-carbure de chlore.

L'hydro-carbure de brôme se volatilise avec facilité ; il se décompose en traversant un tube de verre rouge. J'ai obtenu, dans cette expérience, un dépôt de charbon et un dégagement de gaz acide hydro-bromique.

Il brûle au contact d'un corps embrasé en produisant des vapeurs très-acides et une fumée épaisse formée par du carbone très-divisé. J'ai vainement essayé d'obtenir quelque bromure de carbone en exposant à l'action des rayons solaires un mélange de cet hydro-carbure de brôme.

On peut obtenir un composé identique avec celui que je viens de décrire, en distillant l'eau mère des salins jaunie par le chlore. Le brôme qu'on obtient dans cette circonstance est souvent mêlé avec de l'hydro-carbure de brôme, dont on le sépare par l'action de l'eau. Il arrive même quelquefois qu'en exécutant cette opération, tout le brôme se transforme en cette combinaison ternaire. Cette transformation est probablement produite par l'action du brôme sur une petite quantité de matière organique que contient l'eau des salins, et qui donne au résidu de leur évaporation la faculté de noircir quand on le chauffe fortement.

## § XI. *De l'Action du Brôme sur quelques substances organiques.*

La grande affinité que le brôme possède pour l'hydrogène fait en quelque sorte pressentir quel est son mode d'action sur les matières organiques. Il décompose la plupart d'entr'elles en formant toujours de l'acide hydrobromique et en précipitant quelquefois du charbon.

Le brôme se dissout très-bien dans l'acide acétique sur lequel il ne réagit que lentement. Il est très-soluble dans l'éther et l'alcool. Les solutions colorées que forment ces deux liquides perdent leur teinte au bout de quelques jours, et l'on retrouve de l'acide hydro-bromique en dissolution dans la liqueur.

Les huiles grasses ne produisent que très-lentement des phénomènes de ce genre. Ils ont lieu instantanément quand on met du brôme en contact avec les huiles essentielles. En instillant quelques gouttes de cette substance dans de l'essence de térébenthine ou d'anis, j'ai vu se produire de la chaleur, se dégager des vapeurs blanches d'acide hydro-bromique, et l'huile essentielle se changer en une substance résineuse, jaunâtre, poisseuse et semblable à la térébenthine.

La poix résine se comporte de même avec le brôme. Le camphre se dissout très-bien dans ce liquide, qui perd en très-grande partie, dans cette combinaison, son odeur et sa volatilité. Ce composé de brôme et de camphre se solidifie et cristallise par l'abaissement de température.

Les matières colorantes les plus solides sont profondément altérées par l'action du brôme qui leur enlève

leur teinte et les transforme, comme le chlore, en une substance particulière de couleur jaune.

Je n'ai point observé de phénomènes de réaction dignes d'être notés, en faisant agir le brôme sur le sucre, l'amidon, la morphine, l'acide margarique, etc.

La petite quantité de brôme dont j'ai pu disposer m'a empêché d'examiner la manière dont il se comporterait avec les autres composés organiques.

## § XII. *De l'Histoire naturelle du Brôme.*

Le brôme se trouve dans l'eau de la mer dans des proportions très-faibles. L'eau mère des salines n'en contient elle-même que fort peu, quoiqu'elle ait singulièrement diminué de volume par l'évaporation qui a laissé déposer le sel marin, et que celui-ci n'en ait pas entraîné des quantités sensibles.

La nature des moyens par lesquels on peut l'extraire semble indiquer qu'il y est à l'état d'acide hydro-bromique, et quelques considérations m'engagent à penser que cet acide est uni à la magnésie.

En effet, le résidu de l'évaporation de l'eau des salins perd la faculté de dégager du brôme au contact du chlore lorsqu'on le calcine fortement. Si l'on réfléchit que les hydro-bromates que j'ai examinés ne sont point décomposables par le feu, à l'exception de celui de magnésie, on sera tenté de supposer que l'eau des salins contenait effectivement cette combinaison.

Les végétaux et les animaux qui vivent dans la mer contiennent encore du brôme. Les cendres des plantes qui croissent dans la Méditerranée donnent toutes une

teinte jaune quand on traite par le chlore le produit de leur lixiviation. J'ai encore vu se produire la même teinte en traitant par cet agent la solution des cendres du *Ianthina violacea*, mollusque testacé que je devais à l'obligeance de M. Auguste Bérard, et que cet officier distingué avait ramassé à l'île Sainte-Hélène, dans son second voyage autour du monde.

J'ai pu retirer des quantités notables de brôme des eaux mères de la soude varech qui servent à l'extraction de l'iode (1).

Enfin il m'a semblé que le produit de l'évaporation d'une eau minérale des Pyrénées orientales, qui était fortement saline, jaunissait au contact du chlore. Si le brôme existait réellement dans une eau de ce genre, on pourrait espérer de le rencontrer dans les sources salées proprement dites, et surtout dans l'eau mère du sel gemme. J'ai manqué de matériaux pour le vérifier.

Tout cela rend très-probable qu'on retrouvera le brôme dans un grand nombre de productions marines ou d'origine sous-marine.

## § XIII. *Conclusion.*

Si les faits que je viens de parcourir ne m'ont point causé d'illusion, ils autorisent pleinement, ce me sem-

---

(1) Le moyen qui m'a le mieux réussi pour extraire le brôme lorsque les composés dont il fait partie sont associés à ceux qui fournissent l'iode, a consisté à précipiter l'iode par un sel de cuivre, à séparer par la filtration l'iodure insoluble, à évaporer le liquide et à traiter le résidu par l'acide sulfurique et l'oxide de manganèse.

ble, le sentiment que j'ai énoncé sur le compte du brôme, et dont j'ai fait usage pour interpréter ses combinaisons.

Une substance qui, dans son état d'isolement, résiste aussi efficacement que le fait le brôme à toutes les tentatives de décomposition ; qui est chassée par le chlore de tous les composés dont elle fait partie, pour se représenter constamment avec ses qualités primitives ; qui, agissant sur les combinaisons de l'iode, se substitue dans tous les cas à ce dernier pour jouer le même rôle que lui dans les nouveaux produits ; qui enfin, malgré ce contraste d'action chimique, se rattache au chlore et à l'iode par les analogies les plus soutenues, semble par cela même avoir les mêmes droits à être considérée comme un corps simple.

Si ce résultat prend la consistance nécessaire par suite de l'examen que les chimistes feront du brôme, le rang qui lui est destiné dans la série des corps simples se présente comme de lui-même.

C'est manifestement entre le chlore et l'iode qu'il viendrait s'interposer.

Ce ne serait pas sans intérêt qu'on verrait ainsi deux substances aussi rapprochées que le sont l'iode et le chlore, admettre entr'elles une substance nouvelle, comme pour lier, par des connexions encore plus étroites, un groupe d'agens dont les airs de famille sont déjà si remarquables.

Un tel rapprochement de propriétés et d'aptitudes chimiques entre ces trois corps simples acquerrait encore plus d'importance par la considération de leur origine commune.

Lorsque vers le début de mes recherches, examinant les diverses combinaisons du brôme, je leur trouvai presque toujours les plus grands traits de ressemblance avec les combinaisons analogues du chlore, je fus porté, je l'avoue, à concevoir quelques scrupules sur l'admission du brôme comme substance particulière. Mais ces scrupules n'ont pu résister à l'efficacité avec laquelle le chlore l'éloigne de ses composés, tandis que le brôme sépare l'iode de tous les siens.

Je ne me dissimule point combien les matériaux que j'ai pu recueillir pour tracer l'histoire du brôme laissent encore à désirer. J'aurais même très-volontiers pris le parti de différer leur publication jusqu'à ce que des recherches plus nombreuses m'eussent permis de le faire avec moins de lacunes, si je n'avais cru être bien plus utile encore à cet important objet de recherches en appelant sur lui l'attention des chimistes qui sont le plus en possession de verser de vives lumières sur les matières dont ils s'occupent.

Je ne renonce pas, de mon côté, à continuer de m'occuper de cette substance dès que les eaux de nos salins seront assez concentrées pour me permettre d'en extraire convenablement le brôme, surtout si cette esquisse avait le bonheur d'intéresser l'Académie; et si de nouveaux efforts m'obtenaient quelques résultats d'une certaine importance, je m'empresserais de les lui soumettre; ce que je ferais, dans ce cas, avec plus de confiance.

---

## Rapport *sur le Mémoire de M.* Balard *relatif à une nouvelle Substance.*

(Extrait du procès-verbal du lundi 14 août 1826.)

Nous avons été chargés par l'Académie, MM. Vauquelin, Thenard et moi, de lui faire connaître notre opinion sur un Mémoire de M. Balard, préparateur de chimie à la Faculté des Sciences de Montpellier, ayant pour objet la description des propriétés d'une nouvelle substance qu'il a trouvée dans les eaux de la mer; nous allons nous acquitter de cette commission.

M. Balard a donné à la nouvelle substance le nom de *muride*; mais plusieurs objections pouvant être faites contre cette dénomination, nous l'avons remplacée, avec le consentement de l'auteur, par celle de brôme, de βρωμος, mauvaise odeur.

Le brôme est liquide à la température ordinaire de l'atmosphère, et même à 18° au-dessus de 0°. En masse, sa couleur est d'un rouge-brun foncé; en couche mince, elle est d'un rouge-hyacinthe. Celle de sa vapeur est entièrement semblable à celle de l'acide nitreux; il est très-volatil et bout à 47°. L'odeur en est très-forte et ressemble beaucoup à celle du chlore. Sa densité est d'environ 3.

Le brôme détruit les couleurs à la manière du chlore, il se dissout dans l'eau, l'alcool et l'éther. M. Balard l'a combiné avec un grand nombre de corps simples, et a obtenu des composés très-remarquables. Le chlore est plus puissant que lui; mais à son tour il l'est plus que l'iode. Cette propriété est remarquable et rend très-

vraisemblable que le brôme ne peut être un composé de chlore et d'iode, comme l'affinité qu'il a avec ces deux corps pourrait le faire soupçonner.

Si l'on veut se former une idée exacte des propriétés du brôme, c'est au chlore qu'il faut le comparer.

Avec l'hydrogène il forme un hydracide, l'acide hydrobromique; et avec l'oxigène, l'acide bromique dont les combinaisons avec les bases ont la plus grande analogie avec les chlorates.

A chaud, il décompose comme le chlore tous les oxides alcalins solubles, et en dégage l'oxigène; à froid, il se combine avec ces oxides, et forme des bromures facilement décomposables par la chaleur et par les acides les plus faibles. Il se combine aussi avec le gaz hydrogène percarboné, et produit un liquide oléagineux d'une odeur éthérée très-suave.

Le poids de son atome est 9,328, en prenant celui de l'oxigène pour unité. M. Balard, en adressant son Mémoire à l'Académie, y avait joint de petits échantillons de brôme et de quelques-unes de ses combinaisons, avec lesquels nous avons pu faire quelques expériences. Nous avons même obtenu du brôme par le procédé décrit par M. Balard, en traitant des eaux mères des marais salans du plan d'Aren qui nous avaient été remises par notre collègue M. d'Arcet.

Si le petit nombre d'essais qu'il nous a été permis de tenter ne nous a pas donné sur l'existence du brôme, comme nouveau corps simple, cette certitude que l'on est aujourd'hui en droit d'exiger, nous la regardons au moins comme très-probable. Le Mémoire de M. Balard est d'ailleurs très-bien fait, et les nombreux résultats

qu'il y rapporte n'en exciteraient pas moins un très-grand intérêt, lors même que l'on parviendrait à démontrer que le brôme n'est pas un corps simple.

La découverte du brôme est une acquisition très-importante pour la chimie, et fait entrer M. Balard de la manière la plus honorable dans la carrière des sciences.

Nous pensons que ce jeune chimiste est tout-à-fait digne des encouragemens de l'Académie, et nous avons l'honneur de lui proposer d'ordonner que son Mémoire soit imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

Signé, VAUQUELIN, THÉNARD, GAY-LUSSAC, Rapporteur.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

---

## NOTE *sur les Modes de division des corps en vibration.*

PAR M. FÉLIX SAVART.

LES diverses recherches qu'on a faites jusqu'ici sur les modes de division des corps qui résonnent, conduisent toutes à ce résultat, que chaque corps d'une forme donnée est susceptible de se diviser en parties vibrantes dont le nombre va toujours croissant suivant une certaine loi; de sorte que chaque corps ne peut produire qu'une série déterminée de sons qui deviennent d'autant plus aigus que le nombre même des parties vibrantes est plus considérable. D'un autre côté, c'est

un fait que j'ai établi par une foule d'expériences, que quand deux ou plusieurs corps sont en contact, et qu'ils sont ébranlés l'un par l'autre, ils s'arrangent toujours pour exécuter le même nombre de vibrations; d'où il semble qu'on doive tirer cette conséquence, qu'il n'est pas vrai que les corps ne soient susceptibles que d'une certaine série déterminée de modes de division, entre lesquels il n'y a pas d'intermédiaire, et qu'au contraire ils en peuvent produire qui se transforment graduellement les uns dans les autres; ce qui fait qu'ils sont aptes à exécuter des nombres quelconques de vibrations. J'ai pour but, dans cette Note, de faire voir que cette dernière assertion est la seule qui soit conforme à la vérité.

Il est facile de s'en convaincre, d'abord, pour les membranes tendues et ébranlées par influence à travers l'air, au moyen d'un corps en vibration. Pour cela, il est clair qu'il faut ou que le nombre des vibrations de ce corps puisse varier graduellement et que la tension de la membrane soit constante, ou bien que ce nombre soit constant et que la tension de la membrane soit elle-même variable. On peut remplir la première condition en choisissant pour corps sonore un tuyau d'orgues dans lequel se meuve un piston; et l'on peut satisfaire à la seconde en formant la membrane d'une substance très-hygrométrique, comme le papier, afin de pouvoir l'imbiber peu à peu de vapeurs aqueuses, tandis qu'on l'ébranle à distance avec une lame vibrante, un timbre d'horloge, ou tout autre corps dont le son soit fixe.

Comme les membranes carrées présentent des modes de division simples et faciles à saisir, et que d'ailleurs

elles se divisent à peu de chose près comme les lames rigides de même forme, qu'il n'y a de différence qu'en ce que, dans ces dernières, les parties vibrantes qui avoisinent les bords libres sont toujours plus petites que les autres, tandis que dans les membranes toutes les divisions sont égales, j'exposerai de préférence les phénomènes que présentent les membranes ainsi configurées. Pour plus de simplicité, je supposerai toujours qu'on ait d'abord obtenu une figure composée de lignes nodales rectilignes qui se coupent rectangulairement, et j'examinerai par quel chemin cette figure peut passer à une autre composée simplement de lignes parallèles.

Par exemple, je suppose qu'on soit parvenu à produire le mode de division représenté par le n° 1 de la fig. 1re, si la tension de la membrane est constante et que le son devienne un peu plus aigu, il pourra arriver que les angles opposés au sommet en *aa'*, *bb'*, *cc'*, *dd'*, se désunissent comme dans le n° 2, qui prendra peu à peu l'aspect des nos 3, 4 et 5, si le son monte toujours; et ensuite celui du n° 6 composé seulement de quatre lignes parallèles. Mais ce moyen de passer du premier mode de division à celui du n° 6, par cette première espèce de séparation des angles, n'est pas le seul que puisse employer la membrane, les fig. 2 et 3 présentent des exemples de transformations différentes par lesquelles elle peut encore parvenir au même but de quatre lignes parallèles. Il peut aussi arriver, fig. 4, que les angles opposés en *aa'*, *bb'*, *cc'*, *dd'*, soient ceux qui se divisent d'abord, et que la figure tracée par le sable prenne successivement l'aspect des nos 2, 3, 4, 5 et 6; ou bien que cette division ait lieu comme dans les nos 2

des fig. 5 et 6; ce qui produira encore de nouvelles modifications dans les figures successives qui conduiront à quatre lignes parallèles. Enfin, il pourra même se faire que les angles opposés ne se divisent pas, comme dans le n° 2 de la fig. 7, qui passe au n° 6 par de simples inflexions des lignes droites en sens contraire.

Maintenant quatre lignes parallèles peuvent passer à d'autres nombres de lignes parallèles ou dirigées rectangulairement : la fig. 8 présente une transformation de ce mode de division à deux lignes nodales parallèles, et la fig. 9 un passage du même mode de division à quatre lignes également parallèles, mais coupées rectangulairement par deux autres droites.

En général, quand on part d'une figure composée de lignes qui se coupent rectangulairement, le caractère des modifications successives dépend de la manière dont les angles opposés au sommet se désunissent : c'est ce qu'on peut voir d'une manière fort nette dans les fig. 10 et 11, qui sont des passages de quatre lignes parallèles coupées par deux autres droites, à six lignes parallèles. Au contraire, si l'on part des lignes parallèles, on peut dire en général que le caractère des modifications dépend des inflexions diverses que ces lignes peuvent affecter : c'est ainsi que, dans les mêmes fig. 10 et 11, les n°s 5, considérés comme première modification des lignes droites, doivent produire des phénomènes tout différens dépendant de ce que dans l'un les lignes se courbent d'abord en dehors, tandis que dans l'autre elles se courbent en dedans. Mais de toutes les modifications auxquelles les lignes droites peuvent donner naissance, il n'en est point qui offrent des phénomènes

plus singuliers que ceux qui résultent des inflexions alternatives que ces lignes peuvent d'abord prendre, selon qu'il se présente deux courbures dans un sens et une dans l'autre, ou trois dans un sens et deux dans l'autre, etc. On en voit des exemples remarquables, fig. 12 et 13.

Il résulte donc de ces observations, non-seulement que les membranes carrées sont susceptibles de produire tous les nombres possibles de vibration, et que pour chacun de ces nombres elles se divisent d'une manière particulière, mais encore qu'un même nombre de vibration peut être donné par plusieurs modes de division. Quant aux membranes dont les contours sont différens, circulaires, triangulaires, etc., elles présentent des phénomènes analogues, quoique plus compliqués. C'est ainsi, par exemple, que dans une membrane circulaire trois lignes diamétrales peuvent passer graduellement à trois lignes parallèles, et ensuite à une seule diamétrale accompagnée d'une ligne circulaire, fig. 14; que cinq diamétrales peuvent passer à cinq lignes parallèles, fig. 15, et de là à d'autres modes de division, par exemple, à deux lignes circulaires divisées par une seule diamétrale.

Les transformations successives des lignes nodales sont beaucoup plus difficiles à observer sur les lames rigides que sur les membranes, parce que, comme on ne peut produire des modes de division donnés qu'en rendant immobiles plusieurs points de la surface de ces corps, il arrive presque toujours que ces points appartiennent en même temps à un ou plusieurs autres systèmes de lignes nodales, de sorte qu'on tombe souvent

d'un son très-grave à un son très-aigu et réciproquement, sans pouvoir passer par les intermédiaires. Néanmoins il est possible de produire plusieurs phénomènes de cette espèce ; et il est facile de voir, par ce que nous venons de dire des modes de division des membranes, que les figures que M. Chladni a désignées sous le nom de *distorsions* ne sont que des modes de division intermédiaires entre divers systèmes de lignes nodales rectilignes. Comme ce physicien n'a observé que les distorsions les plus voisines des figures qu'il regarde comme types primitifs, et que l'oreille est un assez mauvais juge du nombre des vibrations, il a avancé que le son des distorsions était le même que celui de leur figure principale : toutefois on voit, dans les tables de son *Traité d'Acoustique*, des distorsions qui donnent des sons plus aigus d'un demi-ton, d'un ton et même d'une tierce mineure que leur soit disant type primitif. Bien plus, à l'occasion des modes de division des plaques rectangulaires dont les côtés sont entre eux dans divers rapports, M. Chladni observe qu'il est possible, dans un très-grand nombre de cas, de passer d'un mode de division à un autre, qui donne un son peu différent, par des transformations successives des lignes nodales, occasionées par de légers changemens dans la position des points qu'on rend immobiles ; faits qui confirment parfaitement ce que j'avance ici, et dont M. Chladni rapporte plusieurs exemples remarquables.

Non-seulement les transformations sont possibles quand les deux sons diffèrent très-peu, mais elles le sont encore, dans certains cas, quand ils diffèrent d'un ton et même davantage. Par exemple, une lame

rectangulaire de verre de dix pouces de longueur, de deux pouces et demi de largeur, et d'une demi-ligne d'épaisseur peut passer graduellement du mode de division du n°. 1 de la fig. 16, qui donne le son *ut*$_4$, au n°. 4 de la même figure, qui donne le son *ré*$_4$. On pourrait citer beaucoup d'autres faits du même genre, de sorte qu'il ne paraît nullement douteux que si, dans les lames rigides, on ne peut pas produire de transformations graduelles entre deux modes de division qui donnent des sons assez éloignés l'un de l'autre, ce n'est pas que ces transformations n'existent pas, mais c'est qu'à raison des moyens d'ébranlement dont nous savons faire usage, elles deviennent impossibles dans le plus grand nombre des cas. Mais on ne pourrait produire aucune de ces transformations dans les lames rigides qu'on serait conduit par l'analogie à en admettre l'existence. En effet, comme je l'ai déjà remarqué, les modes de division des membranes carrées différant très-peu de ceux des lames de même forme, on peut remarquer, en les comparant entre eux, que toutes les distorsions observées par M. Chladni sur les lames carrées ont leurs analogues dans les modes de division intermédiaires que présentent les membranes lorsqu'elles passent insensiblement d'une figure composée de lignes droites à une autre figure du même genre. On peut donc avancer, sans craindre de commettre une erreur, que les lames rigides sont dans le même cas que les membranes, et qu'elles sont aptes à produire une infinité de modes de mouvement liés entre eux, et se transforment graduellement les uns dans les autres, comme cela résulte, d'ailleurs, des recherches sur la commu-

nication des vibrations. (*Voy.* mon *Mémoire sur les Instrumens à cordes.*)

Il ne paraît pas douteux que les corps dont les trois dimensions sont ou approchent d'être égales doivent donner des résultats semblables : il est même à présumer que la variété des moyens pour passer d'un mode de mouvement à un autre y est encore plus grande que dans les corps minces; mais les corps filiformes qui, comme les cordes, sont, pour ainsi dire, réduits à une seule dimension, présentent-ils aussi des transformations d'un mode de division à un autre? C'est une chose fort probable, ainsi qu'on peut le conclure, par analogie, de ce qui se passe dans les lames et les membranes rectangulaires très-étroites et en même temps fort longues. Supposons, par exemple, qu'une membrane de cette espèce présente le mode de division de la fig. 17, n°. 1, si le son devient graduellement plus grave, les nœuds prendront tous un mouvement progressif vers $B$, ce qui augmentera l'intervalle $An$, et en même temps les intervalles $nn'$, $n'n''$, augmenteront aussi, par conséquent $n''B$ sera beaucoup diminué; il semble qu'alors cette partie ne vibre plus ou que très-peu, et que $n''$ soit devenu comme l'extrémité de la membrane; enfin, le son s'abaissant toujours, $n''$ coïncide avec $B$, et la membrane se trouve divisée seulement par deux lignes nodales, comme n°. 2. Mais ce moyen de passer d'un mode de division à un autre semble très-imparfait, et la nature en emploie beaucoup d'autres qui s'accompagnent d'une grande régularité, et dans lesquels la continuité s'observe constamment. Par exemple, je suppose que la membrane présente six lignes no-

dales, comme fig. 18, n°. 1, si le son devient plus aigu, ces lignes s'inclineront alternativement en sens contraire, et offriront l'aspect du n°. 2; ensuite celles de leurs extrémités qui se regardent se joindront pour former un angle qui s'arrondira peu à peu, et toutes les lignes n'en formeront plus qu'une qui deviendra sinueuse, n°. 3, puis droite, et qui de nouveau redeviendra sinueuse, mais en présentant une inflexion ou une demi-inflexion de plus, ce qui, dans ce dernier cas, engendrera sept lignes nodales parallèles aux petits côtés du rectangle et dans le premier huit. On conçoit que ce moyen de transformation est applicable à tous les cas, quel que soit le nombre primitif des lignes parallèles.

Les verges rigides longues et très-étroites offrent des phénomènes du même genre encore plus faciles à examiner : toutes les transformations qu'elles présentent sont de même des passages graduels de lignes dirigées perpendiculairement à la longueur à d'autres systèmes de lignes dont les unes sont encore perpendiculaires à cette dimension, et dont les autres lui sont parallèles. On en voit plusieurs exemples dans les fig. 19, 20, 21, 22, 23 et 24. On peut remarquer que le caractère des modifications successives dépend ici, comme dans les membranes, de la manière dont la désunion s'est opérée à l'intersection des lignes qui se coupaient d'abord.

D'après ces divers exemples et beaucoup d'autres analogues que j'aurais pu citer, il semble donc que les corps minces et étroits, même les cordes, peuvent, comme les lames et les membranes, affecter une infinité de modes de division qui se transforment les uns

dans les autres par des dégradations insensibles ; car les cordes sont aussi susceptibles de ces modes de mouvement où il y a une ligne nodale longitudinale coupée rectangulairement par une ou plusieurs autres lignes de repos ; et l'on ne voit pas pourquoi ce genre de division ne pourrait pas passer graduellement à celui où il n'y a que des lignes nodales perpendiculaires à la longueur.

Les divers résultats que contient cette note étant réunis, on peut en déduire cette conséquence générale, que les modes de mouvement des corps qui résonnent sont beaucoup plus variés qu'on ne l'a cru jusqu'ici ; et qu'on ne doit admettre l'existence des séries déterminées de sons pour chaque corps d'une forme donnée, qu'avec cette restriction importante, que le caractère propre des modes de subdivision doit demeurer le même.

---

## SUITE

## *Du Mémoire sur les Sulfo-sels.*

PAR Mr J. BERZELIUS.

(Traduit du suédois par M. FULGENCE FRESNEL.)

### IV. *Sulfo-sels de molybdène.*

#### a. *Du Sulfide molybdique et de ses Sels.*

LE sulfure de molybdène que l'on obtient en décomposant l'acide molybdique par l'hydrogène sulfuré, n'a pas été l'objet d'une attention particulière, parce que si

l'on cherche à réduire cet acide par l'hydrogène sulfuré en opérant sur une dissolution acide, la liqueur commence par devenir bleue, et du soufre se précipite, en sorte que le produit obtenu est un mélange de soufre et de $MoS^2$. C'est à cet état que Bucholz l'avait déjà trouvé. Mais si l'on fait passer de l'hydrogène sulfuré au travers d'une dissolution concentrée d'un molybdate à base alcaline, alors le gaz est absorbé avec la même avidité que par l'alcali seul, et l'on obtient un sulfo-molybdate dont les acides précipitent le *sulfide molybdique* $MoS^3$.

On l'obtient ainsi sous forme d'une poudre brun-foncé ou presque noire, selon le degré de concentration de la liqueur. Il faut, pour l'isoler, ajouter un excès d'acide, et y faire digérer le précipité, parce qu'il y a des sulfo-molybdates avec excès de sulfide, qui, étant peu solubles dans l'eau, se séparent tout d'abord et doivent être décomposés par l'acide. On peut ensuite le soumettre au lavage, l'eau n'en dissolvant alors qu'une quantité insignifiante, au lieu qu'elle le dissout toujours lorsqu'il retient une portion de base sulfurée. Desséché, le sulfide molybdique est une poudre d'un brun noirâtre qui raye la faïence en brun-foncé. Son rôle chimique ressemble à celui des sulfures supérieurs de divers métaux faiblement électro-positifs, en ce qu'il absorbe de l'oxigène et devient acide pendant la dessiccation, pèse plus que ne l'indique le calcul, et rend le papier cassant, effet qui est d'autant plus marqué que la dessiccation a eu lieu plus lentement.

Il ne se dissout pas très-facilement dans les alcalis caustiques, si ce n'est au moyen de l'ébullition, durant la-

quelle il se décompose néanmoins en partie, de la manière que je dirai plus loin. Il ne décompose les sulphydrates qu'avec difficulté, et le secours de la chaleur lui est nécessaire pour en chasser le sulfide hydrique. Les bases à soufre sont les substances qui le dissolvent le mieux.

Le procédé le plus commode pour obtenir les sulfo-molybdates est de décomposer un oxi-molybdate par le sulfide hydrique. La décomposition marche lentement dans les dissolutions étendues; mais elle se fait promptement lorsque la dissolution est concentrée. Celle-ci se colore en rouge dans cette opération, et offre l'aspect d'un chromate acide, ou bien elle devient d'un rouge brun si elle n'est pas complètement exempte de fer. Les sulfo-molybdates sont d'un beau rouge lorsqu'ils sont parfaitement purs. Une très-petite proportion de fer suffit pour altérer leur couleur, qui alors devient brune; un excès de sulfide molybdique leur donne aussi une teinte plus sombre. Pendant toute la durée de l'évaporation, la dissolution répand une odeur d'hydrogène sulfuré; mais il ne se précipite rien au commencement. Le sulfide molybdique ne décompose point les combinaisons de métaux alcalins avec 4 atomes de soufre, et si l'on fait bouillir du sulfide molybdique contenant un précipité de soufre en mélange mécanique, avec une base alcaline, et plus particulièrement avec un hydrate terreux, il se forme, en premier lieu, une combinaison à 4 atomes de soufre, et ensuite un sulfo-molybdate; si la quantité de base employée ne suffisait pas à la formation de celui-ci, on n'obtiendrait que la première combinaison. Les sulfo-molybdates se décomposent par le grillage ou la calci-

nation. Ceux qui contiennent un radical d'alcali ou de terre alcaline, se transforment en deux substances, dont l'une est une combinaison du radical avec 4 atomes de soufre, et l'autre est du sulfure gris de molybdène, qui reste en non-solution lorsqu'on verse de l'eau sur le mélange. Le sel de potassium se décompose aux $\frac{2}{3}$ environ par l'action du feu, le sel de sodium dans une proportion plus forte, et les autres en totalité. Les sulfo-molybdates qui ont pour base un sulfure peu énergique, rendent du soufre, et laissent ensuite pour résidu un composé du sulfure qui formait la base du sel, avec le sulfure basique de molybdène $MoS^2$. Exposés à l'air, ils se conservent assez bien en dissolution s'ils contiennent 2 ou plusieurs atomes de sulfide molybdique pour chaque atome de base sulfurée; mais ils s'oxident, au contraire, fort promptement, même sous forme solide, quand ils renferment un excès de base, et alors il se forme à la fois un molybdate, un hyposulfite et un sulfite, avec un résidu consistant en un sulfo-molybdate neutre, qui, étant soigneusement dissous après une dessiccation préalable, ou préservé de l'évaporation, finit par déposer peu à peu un précipité brun-grisâtre d'un sel sursaturé de sulfide molybdique, tandis que la belle couleur de la dissolution se rembrunit et devient successivement noirâtre et opaque, vert-brun, et enfin bleu pur. En dernière analyse, ce qui reste à l'état solide est un mélange de sel sursaturé ou persulfo-molybdate et de soufre, et les substances en dissolution sont du sulfate et du molybdate de potasse avec du molybdate d'oxide de molybdène. Les acides décomposent les sulfo-molybdates avec dégagement

d'hydrogène sulfuré et précipitation de sulfide molybdique. Ceux qui contiennent un mélange de sursulfure précipitent une masse blanche ou brun-clair, mélangée d'un précipité de soufre, laquelle ne tarde pas à se rembrunir, et prend la couleur plus foncée du sulfide molybdique.

Les oxides qui sont aisés à réduire décomposent les sulfo-molybdates de la même manière que les sulfarséniates.

*Sulfo-molybdate potassique.* Le meilleur procédé pour préparer ce sel, est le suivant : on mêle du carbonate de potasse avec un peu plus de soufre qu'il n'en faut pour le transformer en $KS^{10}$ et avec une certaine quantité de charbon en poudre pour décomposer le sulfate de potasse qui se forme en même temps ; après quoi, on mélange cette masse saline avec un grand excès de molybdène sulfuré natif réduit en poudre, on introduit le tout dans un creuset de terre de Hesse que l'on recouvre de charbon pulvérisé, et l'on ménage le feu au commencement de manière à produire un sursulfure de potassium, ce qui n'exige pas la chaleur rouge. Lorsqu'on ne voit plus de soufre en combustion sur la jonction du creuset avec son couvercle, on pousse la chaleur jusqu'au rouge, et l'on soutient cette température tant que le courant d'air qui s'élève du fourneau sent l'acide sulfureux. L'excès de soufre produit ici du sulfide molybdique qui chasse de la combinaison 6 atomes de soufre, d'où résulte l'odeur d'acide sulfureux que répand le creuset en ignition. Au milieu de l'opération, je poussai la chaleur jusqu'au rouge blanc et j'entretins le même feu pendant trois heures. La masse refroidie était noire,

poreuse, comme une substance qui n'a pas subi la fusion; chauffée doucement dans l'eau, elle donna une dissolution d'un rouge foncé qui était absolument opaque. Evaporée dans un vase cylindrique par 40°, elle donna naissance à des cristaux d'un rouge foncé, qui furent recueillis et essuyés avec du papier joseph. Après que le papier eut absorbé l'eau mère, ces cristaux, vus par réflexion, offraient un éclat métallique du plus beau vert, ressemblant, au premier aspect, à des fragmens d'ailes de certains insectes des genres hanneton ou cantharide. Ils forment des prismes à 4 ou 8 pans, terminés en biseau avec deux sommets, dont les facettes presque triangulaires font, au premier coup d'œil, l'effet d'un amas d'octaèdres. La dissolution de ces cristaux dans l'eau prend une belle couleur rouge semblable à celle du chromate acide de potasse très-concentré. Etant saturée à une haute température, elle cristallise par le refroidissement en petits prismes à 4 pans, terminés par une section transversale, offrant par réflexion une belle couleur verte avec l'éclat métallique, et par transmission un beau rouge de rubis. La cassure du sel cristallisé est vitreuse, inégale au toucher, et réfléchit une lumière d'un aussi beau vert que les facettes du cristal. Ce sel est vraisemblablement un des plus beaux que la chimie puisse produire, sous le rapport de la richesse et du jeu des couleurs. Il donne une poudre d'un beau rouge foncé, qui se tasse sous le pilon, et présente à cet état une couleur verte éclatante. Il ne contient point d'eau de cristallisation. Si l'on verse sa dissolution dans l'alcool, il se précipite sous forme d'une poudre d'un rouge de cinabre, et la liqueur mixte donne naissance

à des écailles de même couleur, qui, recueillies et séchées, prennent l'éclat métallique et la couleur verte. La dissolution, mêlée d'alcool, est d'un beau rouge, et donne après l'évaporation un sel cristallisé, absolument semblable au sel précipité, mais en petite quantité ; d'où l'on peut inférer que l'alcool ne décompose point les sulfo-molybdates de la même manière que les sulfo-arséniates.

J'ai analysé non-seulement le sel opaque cristallisé pendant une évaporation prolongée, mais aussi le sel transparent cristallisé par refroidissement ; à cet effet, je décomposai le sel desséché en le faisant digérer avec de l'acide muriatique ; la partie non dissoute ayant été bien égouttée, donna 0,497 dans l'un, et 0,5 dans l'autre, de son poids de chloride de potassium. De tous les deux je tirai, après la dissolution du sel dans l'eau, 0,005 gr. d'acide molybdique formé, durant la calcination de la masse saline, par le grillage d'une petite quantité de sulfide molybdique qu'avait entraînée l'eau de lavage. Déduction faite de ce produit, il reste 0,492 à 0,495 de chloride de potassium pur. Si l'on admet que le sulfo-sel est soumis à la même loi de composition que l'oxi-sel neutre, sa formule sera $KS^2 + 2MoS^3$, et alors il donnera d'après le calcul 0,493 de chloride de potassium, et sera formé de :

| | |
|---|---|
| Sulfure de potassium, | 36,57 ; |
| Sulfide molybdique, | 63,43. |
| | 100,00. |

Quoiqu'on puisse considérer ce résultat comme établissant d'une manière suffisante la composition tant du

sel que du sulfide molybdique, cependant j'ai voulu produire comme contr'épreuve le même sulfo-molybdate en décomposant l'oxi-sel neutre par l'hydrogène sulfuré, et j'ai obtenu après l'évaporation le même sel cristallisé.

Si l'on mêle du sulfo-molybdate potassique, en dissolution modérément étendue, avec beaucoup moins d'acide qu'il n'en faut pour le décomposer, la dissolution change de couleur et devient plus sombre, mais ne dépose rien. Abandonnée à une libre évaporation, elle commence par se prendre en gelée, et se dessèche ensuite en une masse éclatante, d'un gris-noirâtre. Ce phénomène résulte de la formation d'un sel sursaturé de sulfide molybdique, que l'on peut isoler avec la plus grande facilité en mêlant le sel neutre avec de l'acide acétique jusqu'à ce qu'il rougisse le papier de tournesol. Cet acide ne décompose point, lorsqu'il est étendu d'eau, le sel sursaturé; mais l'acétate de potasse en met la majeure partie hors de la dissolution. C'est une poudre d'un jaune foncé, tirant sur le brun, qui se dissout peu à peu en jaune durant le lavage. Desséchée, elle est noire, mais présente un éclat métallique à reflet grisâtre. Elle se dissout intégralement dans l'eau bouillante; la dissolution est d'un jaune foncé, et laisse après l'évaporation une masse fendillée qui forme une poudre grossière, éclatante et d'un gris-noirâtre.

Si l'on chauffe des cristaux de sulfo-molybdate potassique dans une atmosphère qui ne contienne point d'oxigène (l'expérience d'après laquelle j'écris fut faite dans l'hydrogène), le sel devient gris sans que cette

ltération soit accompagnée d'aucune sublimation ni l'aucun dégagement de gaz.

Un gramme de sel ayant été exposé durant un quart l'heure à l'action de la chaleur rouge, puis redissous dans l'eau, laissa un résidu de 0,32 gr. de sulfure gris le molybdène, correspondant à 0,384 gr. de sulfide molybdique préexistant. C'est plus de la moitié et un peu moins des deux tiers de la totalité du sulfide molybdique contenu dans le sel. La portion dissoute avait une couleur d'un très-beau jaune orangé. Etant évaporée, elle donna naissance à de beaux cristaux de sel neutre, d'un rouge de rubis par transmission, verts par réflexion, et dont il se détachait une efflorescence saline qui, jaune au commencement, devenait toute blanche en vingt-quatre heures. Comme il ne se forma aucun sublimé dans cette expérience, il est clair que la décomposition qui eut lieu consistait dans la transformation du sulfure-base en $KS^4$, transformation qui s'opéra aux dépens du sulfide molybdique. Ce sel ne se décompose point complètement, même à la température où le verre entre en fusion ; mais, étant redissous, il donne une liqueur d'un jaune-orangé foncé. J'ai lieu de présumer que la raison pour laquelle il ne se décompose point complètement est l'action qu'exerce en sens contraire, par sa masse chimique, le sulfure gris de molybdène qui prend naissance dans cette opération ; car dans l'expérience précédemment citée, lorsque je fis fondre de l'hépar avec un grand excès de molybdène sulfuré natif, l'hépar se décomposa intégralement, et il ne se trouva d'autre substance étrangère qu'un peu de car-

bonate de potasse dans l'eau mère du sulfo-molybdate potassique après sa cristallisation.

Le *sulfo-molybdate sodique* obtenu en décomposant l'oxi-sel neutre cristallisé par l'hydrogène sulfuré, donne, par l'évaporation, mais seulement à un haut degré de concentration, de petits cristaux grenus d'un rouge sombre, et la masse entière prend cette forme. Ce sel est très-difficile à obtenir en cristaux réguliers, et après plusieurs dissolutions itératives, il devient rouge-clair et strié par suite d'un mélange d'oxi-sel régénéré. J'ai produit une fois, par le refroidissement, des prismes longs et fins qui, ôtés de la liqueur, recueillis et séchés sur du papier joseph, réfléchissaient une lumière verte comme le sel de potassium. Remarquons, en général, que cette réflexion verte n'appartient qu'aux cristaux engendrés dans une eau-mère, mais qu'elle n'a pas lieu lorsque la totalité de la masse saline entre en cristallisation; dans ce cas, les cristaux sont d'un rouge plus ou moins foncé, ou même bruns. Ce sel est beaucoup plus soluble dans l'alcool que le sel de potassium, à telles enseignes qu'il s'en précipite à peine une quantité sensible, lorsqu'on mêle sa dissolution avec ce liquide. — Soumis à l'action de la chaleur rouge, il se décompose et ne laisse en résidu qu'une très-petite quantité de sel qui n'ait point subi la décomposition.

J'ai tenté de le préparer en faisant fondre ensemble du carbonate de soude, du charbon pulverisé, du soufre et un excès de molybdène sulfuré natif, et de cette manière j'ai bien obtenu une certaine quantité de la combinaison voulue, mais tellement mélangée

d'hépar, que je n'ai pu en séparer de sel pur au moyen de l'évaporation. Il paraît donc que le succès de cette préparation exige un bien plus grand excès de molybdène sulfuré natif, que celui qui est nécessaire pour obtenir le sel de potassium. Ainsi que ce dernier, le sulfo-molybdate sodique peut se transformer en un sel sursaturé de sulfide molybdique, peu soluble dans l'eau, et si semblable au sel analogue de potassium, qu'on ne peut pas les distinguer l'un de l'autre par leurs propriétés extérieures; la manière de les préparer est aussi la même.

Le *sulfo-molybdate lithique* est très-soluble dans l'eau. Je n'ai pas pu l'obtenir en cristaux. Il donne, par l'évaporation, une matière sirupeuse de couleur brune qui ne dépose rien en se refroidissant, se conserve longtemps molle durant une évaporation continue, et finit par se durcir en une masse rouge-foncé, qui ne s'humecte point à l'air. Soumise à la distillation, elle se décompose en totalité, et abandonne après la dissolution tout ce qu'elle contenait de molybdène sous forme de molybdène sulfuré gris; la liqueur reçoit en dissolution du lithium combiné avec 4 atomes de soufre. — Il existe un sel à excès de sulfide analogue à celui des bases précédentes.

*Sulfo-molybdate ammonique.* La meilleure manière de l'obtenir est de décomposer l'oxi-sel neutre par l'hydrogène sulfuré. On peut encore le préparer en dissolvant l'acide molybdique dans le sulphydrate ammonique; mais alors il se forme de l'ammoniaque libre qu'il faut chasser par l'évaporation. On le produit aussi en versant du sulphydrate ammonique sur le sulfide

molybdique récemment précipité; mais le sel ainsi préparé n'est point saturé de sulfide. Le meilleur procédé pour l'obtenir sous forme solide est de mêler de l'alcool à une dissolution suffisamment concentrée, d'où résulte la précipitation du sel sous forme d'une poudre rouge-cinabre. Si le mélange a eu lieu à chaud, le sel cristallise, par le refroidissement, en écailles rouge-cinabre. A l'air, il devient brun-foncé quand l'alcool en est séparé. Abandonnée à une évaporation spontanée, la dissolution dans l'eau dépose sur ses bords des cristaux qui réfléchissent une lumière verte, mais se dessèche pour la plus grande partie en une masse d'un gris noirâtre, éclatante, non cristalline, qui se dissout assez bien dans l'eau, et consiste principalement en un sel sursaturé de sulfide molybdique. Le sel neutre et le sel sursaturé sont l'un et l'autre très-peu solubles dans l'alcool.

Le *sulfo-molybdate de barium* s'obtient en faisant bouillir du sulfure de barium avec un excès de sulfide molybdique pur. Filtrée toute chaude et recueillie dans un verre préalablement échauffé, la dissolution dépose, en se refroidissant, une multitude de petits cristaux orangés, éclatans, qui offrent la plus grande analogie avec les sels sursaturés dont il a été question pour les bases précédentes. Recueillis sur le papier, ces cristaux tombent en une poudre orangée et brillante. Chauffés doucement, ils perdent de l'eau et deviennent rouges. L'acide muriatique concentré ne les décompose pas à froid; l'acide muriatique étendu les attaque plus aisément. La chaleur en dégage de l'hydrogène sulfuré; et ce qui reste est du sulfide molybdique avec sa

couleur ordinaire d'un brun noirâtre tirant sur le gris. Une partie de ce sel ayant été décomposée par l'acide muriatique et la baryte précipitée par l'acide sulfurique, j'obtins 5 parties de sulfate de baryte, et 12,15 de sulfide molybdique durci par la dessiccation. Ce résultat conduit à la formule $BaS^2 + 6MoS^3$, qui s'énonce *tri-sulfo-molybdate de barium.*

La dissolution où ces cristaux ont pris naissance dépose encore un peu de sel par l'évaporation, après quoi la combinaison neutre se dessèche en une masse d'un rouge-sombre, translucide, fendillée, sans la moindre trace de cristallisation.

Le *sulfo-molybdate de strontium* se comporte absolument comme le précédent, et cela est vrai du sel neutre comme du sel sursaturé.

Le *sulfo-molybdate calcique* donne pareillement un sel sursaturé qui cristallise durant le refroidissement de la dissolution qu'on a filtrée toute chaude. Il consiste en aiguilles cristallines, transparentes, fines, courtes, éclatantes, d'un rouge cinabre, qui ne s'altèrent point à l'air, ni à une température de 100°. L'acide muriatique les noircit, parce qu'il en sépare du sulfide molybdique.

De la liqueur refroidie où ces cristaux ont pris naissance, on tire, par l'évaporation, une nouvelle quantité de cristaux, et ce qui reste en définitive est la combinaison neutre qui se dessèche en un vernis translucide, d'un rouge sombre.

Le *sulfo-molybdate magnésique* s'obtient en faisant bouillir du sulfide molybdique avec du sulphydrate magnésique. La dissolution dépose, en se refroidissant,

un sel sursaturé de sulfide molybdique, sous forme d'une poudre brun-foncé. La liqueur restante se dessèche en un vernis rouge-foncé.

Les combinaisons suivantes furent obtenues pour la plupart au moyen d'une double décomposition d'oxisels parfaitement neutres par une dissolution de sulfo-molybdate potassique cristallisé.

Le *sulfo-molybdate yttrique* paraît être soluble dans l'eau, parce qu'une dissolution d'acétate d'yttria n'est point précipitée par le sulfo-molybdate. Au bout de douze heures, il se sépare un précipité brun qui toutefois ne consiste qu'en sulfide molybdique, et ne répand aucune odeur d'hydrogène sulfuré lorsqu'on le traite par les acides. La liqueur se décolore par cette précipitation.

Le *sulfo-molybdate glucinique* se comporte semblablement, mais se décompose plus lentement, en sorte que la liqueur ne se trouve pas décolorée au bout de douze heures, quoiqu'elle précipite du sulfide molybdique après cet intervalle.

Les sels d'*alumine* et de *zircone* donnèrent sur-le-champ un précipité qui avait toute l'apparence du sulfide molybdique mélangé avec le précipité terreux. La liqueur sentait le sulfide hydrique.

Le *sulfo-molybdate céreux* donne un précipité gris-foncé presque noir, qui, étant desséché, se réduit en une poudre d'un brun foncé. La liqueur est incolore.

Le *sulfo-molybdate cérique* est soluble dans l'eau; une petite quantité s'en précipite en brun, mais la grande majorité reste en dissolution et donne à l'eau une couleur orangée. L'ammoniaque en précipite un sel basi-

que sous forme d'une masse mucilagineuse de couleur brune, qui bouche les pores du papier à filtrer, et dont la partie liquide se sépare avec peine.

Le *sulfo-molybdate chromeux* est un précipité brun-foncé qui, étant sec, tire sur le vert.

Le *sulfo-molybdate manganeux* est soluble dans l'eau et s'obtient par la digestion du sulfure de manganèse avec du sulfide molybdique et de l'eau. Il ne faut pas ajouter le second en excès, parce que cet excès donnerait naissance à une combinaison insoluble. La dissolution est d'un jaune-brun et se dessèche en un vernis transparent non-cristallin. Sa dissolution est précipitée par l'ammoniaque, qui en sépare un sel basique sous forme d'une poudre rouge, dont la couleur s'obscurcit par la dessiccation et tire sur le brun. Si l'ammoniaque est ajoutée en excès, le sel précipité se décompose jusqu'à certain point, et noircit par oxidation en se desséchant. Ainsi les sels de manganèse ne sont point précipités par les sulfo-molybdates neutres, à moins qu'on n'ajoute un alcali, d'où résulte la formation du sel basique rouge dont la couleur est changée en brun par la présence des plus légères traces de fer.

Le *sulfo-molybdate ferreux* est soluble dans l'eau avec une belle couleur vineuse que l'action de l'air rembrunit immédiatement et rend presque noire. En préparant le sel de potassium avec du molybdène sulfuré natif, du soufre et du carbonate de potasse, on obtient, après avoir extrait le sel en majeure partie, une dissolution de plus en plus foncée, qui à la fin n'offre plus de transparence qu'à la lumière d'une bougie, et paraît alors d'un brun rougeâtre. Cela provient

d'un sel de fer qui se dissout. Si l'on évapore cette liqueur à une chaleur douce sur un vaisseau plat, il arrive un moment où le sel de potassium chasse le sel de fer de la liqueur, qui se transforme alors en une gelée noire. Une dissolution étendue de sel de fer se décompose très-aisément par l'évaporation, et dépose une poudre d'un jaune de rouille pâle, dont le sel gélatineux prend aussi la forme en se desséchant.

Le *sulfo-molybdate ferrique* se dépose sous la forme d'un précipité brun-foncé, qui se dissout en noir dans un excès du précipitant, mais s'en sépare néanmoins, pour la plus grande partie, au bout de vingt-quatre heures. Il ne s'altère point par la dessiccation. A l'état sec, il est noir et donne une poudre brune. En distillation, il donne beaucoup de soufre et laisse une masse grise, éclatante, qui offre l'aspect du sulfure gris de molybdène.

Le *sulfo-molybdate niccolique* se précipite en brun-foncé presque noir, et conserve cette couleur en se desséchant. Il se dissout en noir dans le sel de potassium, mais s'en précipite pour la plus grande partie dans l'espace de vingt-quatre heures.

Le *sulfo-molybdate cobaltique* se comporte en tout comme le sel de nickel.

Le *sulfo-molybdate de zinc* forme un précipité brun-foncé comme celui des sels terreux. La liqueur superstagnante est incolore.

Le *sulfo-molybdate cadmique* donne un précipité brun-foncé, dont la couleur ne se rembrunit point par la dessiccation. La liqueur est incolore.

Le *sulfo-molybdate plombique* est un précipité noir,

qui, à l'état sec, est noir et raye en gris-plombé éclatant.

Le *sulfo-molybdate stanneux* est un précipité noir.

Le *sulfo-molybdate stannique* est un précipité brun translucide, qui devient d'un gris brun par la dessiccation.

Le *sulfo-molybdate cuprique* forme un précipité brun-foncé, presque noir, qui conserve sa nuance étant sec.

Le *sulfo-molybdate uranique* est un précipité brun-foncé qui ne s'altère point par la dessiccation.

Le *sulfo-molybdate bismuthique* est un précipité brun-foncé.

Le *sulfo-molybdate hydrargyreux* est un précipité brun-foncé, presque noir, qui donne par la dessiccation une poudre d'un brun foncé. Dans la distillation, il donne du cinabre et laisse du molybdène sulfuré gris.

Le *sulfo-molybdate hydrargyrique* est un précipité brun-clair qui n'est point altéré par un excès de sulfo-molybdate potassique, mais se détruit sur-le-champ dans une liqueur contenant un excès de chloride de mercure, liqueur qui donne un précipité blanc et se colore en bleu. Desséché, il donne par la trituration une poudre brun-foncé; distillé, il dégage, premièrement du soufre, puis du cinabre, et laisse du molybdène sulfuré gris.

Le *sulfo-molybdate argentique* est un précipité noir qui, à l'état sec, prend le gris plombé et donne une rayure éclatante.

Le *sulfo-molybdate platinique* donne un précipité brun-foncé, qui, sec, est presque noir.

Le *sulfo-molybdate aurique* est soluble dans l'eau,

d'où il se précipite, au bout de quelque temps, sous forme d'une poudre brun-foncé qui noircit en se séchant.

b. *Hyper-sulfo-Molybdates.*

Il existe encore un autre mode de sulfo-molybdates dont la partie électro-négative est un sulfide plus sulfuré que le premier, et que je nommerai, pour cette raison, *hyper-sulfide molybdique.* Il n'a point d'analogue parmi les oxi-combinaisons.

En décomposant du bi-molybdate de potasse par l'hydrogène sulfuré, on obtient une liqueur trouble, presque noire, qui consiste en une dissolution du sulfo-sel neutre, mêlée d'un précipité de sel sursaturé de sulfide. Si l'on introduit ce mélange dans une cornue, et qu'on le fasse bouillir pendant quelques heures, il se dégage avec la vapeur d'eau beaucoup d'hydrogène sulfuré, la quantité relative du précipité augmente, et finalement l'ébullition de la liqueur est accompagnée de secousses. Cela fait, si on filtre cette liqueur après l'avoir laissée se refroidir, il passe au travers du papier une belle liqueur orangée, et il reste sur le filtre un mélange foncé presque noir. Ce mélange contient quelquefois de minces écailles cristallines rouges, que l'on peut isoler en entraînant, par des lavages, la partie du précipité qui a moins de cohérence. En lavant la masse qui reste sur le filtre jusqu'à ce que la liqueur filtrée forme avec l'acide muriatique un précipité floconneux, translucide, d'un rouge sombre, on parvient à la purger d'eau-mère. Alors on verse dessus de l'eau bouillante qui en dissout une grande partie en rouge-foncé; et l'on

réitère cette opération jusqu'à ce que l'eau versée n'entraîne plus aucune substance. Alors il reste sur le filtre une masse noire insoluble dans l'eau et les acides, qui, chauffée jusqu'au rouge dans un appareil fermé, ne dégage point de soufre, mais seulement prend un gris métallique; c'est du sulfure de molybdène ordinaire $= MoS^2$; et la liqueur rouge obtenue au moyen de l'eau chaude, contient de l'hyper-sulfo-molybdate en dissolution.

En traitant cette dissolution par l'acide muriatique, on en précipite une substance floconneuse, translucide, d'un beau rouge-foncé; c'est de l'hypersulfide molybdique. Elle n'est point altérée par l'eau bouillante, ni par les acides, et prend en séchant un retrait fort considérable, laissant une masse à gros grain, à éclat métallique d'un gris-foncé, qui, broyée avec de l'eau, donne une poudre rouille-foncé, tandis que la poudre de sulfide molybdique est d'un noir presque absolu. Chauffé dans l'appareil distillatoire, l'hypersulfide molybdique donne de l'eau avec un peu de gaz acide sulfureux, puis beaucoup de soufre, et laisse en dernière analyse du molybdène sulfuré gris. Le développement de gaz sulfureux est dû à l'action de l'air pendant la dessiccation.

L'opiniâtreté avec laquelle ce corps retient une certaine proportion d'humidité et l'oxidation qu'il subit dans la dessiccation, font qu'il est difficile de l'analyser avec une précision complète; toutefois le résultat de l'analyse ne laisse point d'équivoque sous le rapport de la composition atomistique.

J'en ai fait deux analyses, mais n'ai pu réussir à déterminer la proportion de molybdène que pour une

seule, attendu que, ne connaissant point de réactif qui précipite complètement le molybdène de ses dissolutions, j'avais de la peine à en déterminer la proportion d'une manière précise.

100 parties d'hypersulfide molybdique, desséché à 60°, donnèrent dans l'un de ces essais, après la dissolution dans l'eau régale et la précipitation de l'acide sulfurique par le sel de baryte, 367,4 p. de sulfate de baryte, correspondant à 50,64 p. de soufre, plus 5,43 p. de soufre en non-solution, formant un total de 56,07 p. c. de soufre. Dans le second essai, j'obtins 362,71 p. de sulfate de baryte, et 5,8 p. de soufre en non-solution, correspondant à un total de 55,8 p. c. de soufre. La dissolution fut ensuite précipitée par l'ammoniaque, et donna 111,11 p. de molybdate de baryte (qui, dissous à part dans l'acide muriatique et précipité par l'acide sulfurique, fut reconnu égal à $\ddot{B}a\dddot{M}o^3$), et la liqueur filtrée ayant été sursaturée d'acide muriatique, puis précipitée par le sulphydrate ammonique, donna du sulfide molybdique, qui, transformé en sulfure gris de molybdène, pesait 4,44. Le sel de baryte répond à 35,5, et le sulfure gris de molybdène à 2,63 de molybdène métallique, en tout 38,13. Le soufre et le molybdène forment ensemble 93,93, dont 6 p. c. devaient être en eau; ce qui fait plus que le corps ne pouvait contenir; il y a donc eu dans cette expérience, comme dans toutes celles où l'on traite le molybdène, une certaine quantité de métal perdue, et l'on peut conclure avec certitude que la combinaison analysée se compose de 1 atome de molybdène avec 4 atomes de soufre, et est représentée par $MoS^4$; ce qui donne pour 100 parties :

| | |
|---|---|
| Soufre, | 57,42 ; |
| Molybdène, | 42,58. |

Cela reconnu, il s'agissait de savoir s'il y avait aussi une combinaison de molybdène avec 4 atomes d'oxigène? Pour produire une semblable combinaison, je fis dissoudre dans l'eau du molybdate de potasse, et j'imprégnai de chlore la dissolution. Il se déposa un sel blanc pulvérulent, mais la liqueur filtrée réagissait sur le papier de tournesol, preuve qu'il s'était formé du chlorite de potasse. Le sel précipité se dissolvit avec une très-belle couleur orangée dans le sulphydrate potassique, et cette dissolution, traitée par les acides, donna un précipité de sulfide molybdique avec la nuance qui lui est propre. — La même chose eut lieu avec la liqueur qui réagissait sur le papier de tournesol, d'où l'on voit qu'il ne se produit point d'acide molybdique avec 4 atomes d'oxigène, du moins lorsqu'on opère ainsi que je l'ai fait.

Le molybdate de potasse précipité parut être du bimolybdate. Il se dissolvit en très-petite quantité par un lavage à l'eau froide, et la dissolution se troubla en tombant dans la liqueur précédemment filtrée. Ce sel se dissolvit instantanément dans l'eau chaude (presque bouillante), et la dissolution, livrée à elle-même, déposa en quelques heures un sel en flocons volumineux, contenant un grand excès d'acide, et qui ne se dissolvit point lorsque la liqueur d'où il s'était déposé fut de nouveau chauffée jusqu'à l'ébullition.

La formation de l'hyper-sulfide molybdique n'est point facilitée par l'addition de l'hépar. Si l'on fait di-

gérer du molybdène sulfuré natif avec un sur-sulfure de potassium, on obtient bien une certaine quantité de sulfo-molybdate potassique, mais point d'hyper-sulfo-sel. Au contraire, si l'on fait bouillir un excès de sulfide molybdique avec une dissolution suffisamment concentrée d'hydrate de potasse, on obtient une dissolution qui n'est que très-légèrement colorée, et il reste sur le filtre une masse presque noire, dont l'eau chaude sépare un hyper-sulfo-sel en laisant du sulfure gris de molybdène. Toutes les fois qu'on fait bouillir du sulfo-molybdate potassique avec ou sans excès de base, il se forme par degrés un hyper-sulfo-sel, mais toujours en moindre quantité que lorsqu'il y a excès de sulfide, et dans tous ces cas, il se forme une quantité correspondante de sulfure gris de molybdène. — On voit par là que les sulfo-molybdates tendent toujours à se décomposer, et qu'il se forme par la voie sèche, ainsi que nous l'avons remarqué, un sulfure-base d'un degré supérieur; tandis qu'en opérant par la voie humide, c'est un sulfide plus sulfuré que l'on obtient.

Les hyper-sulfo-molybdates se distinguent par la difficulté avec laquelle ils se dissolvent dans l'eau, particulièrement lorsque celle-ci contient une base libre ou d'autres sels en dissolution. Leur couleur est rouge; quelques-uns sont orangés. Tous se décomposent dans la distillation, jusqu'au sel de potassium qui finit par donner du sulfure gris de molybdène et du sulfure de potassium $KS^6$ exempt de molybdène.

*Hyper-sulfo-molybdate potassique.* Dans l'une de mes expériences, j'ai obtenu ce sel cristallisé. Un molybdate de potasse qui contenait beaucoup de bi-molyb-

date en dissolution assez étendue, ayant été décomposé par l'hydrogène sulfuré, la dissolution fut concentrée par la distillation. Lorsque le précipité formé se trouva en assez grande quantité pour entraver l'ébullition de la liqueur, on la laissa refroidir. Alors apparurent dans la matière précipitée des cristaux grenus, pesans, d'un rouge de rubis, qui, séparés par des lavages, offrirent les propriétés suivantes : ils étaient fort petits ; vus au microscope, ils parurent composés d'écailles rectangulaires transparentes, rouge-de-rubis, striées de raies transversales très-serrées. A la température ordinaire, ils étaient tout-à-fait insolubles dans l'eau, l'acide muriatique et la potasse caustique ; mais au moyen de l'ébullition ils se dissolvirent dans l'eau avec une belle couleur rouge, et l'acide muriatique en précipita l'hyper-sulfide molybdique. Au rouge naissant, ils donnèrent avec décrépitation de l'eau et de légères traces de soufre et d'hydrogène sulfuré ; après quoi, le résidu était éclatant et gris. L'eau n'en tira que du sulfure de potassium, que l'acide muriatique précipita en blanc. La partie non dissoute était du sulfure gris de molybdène qui avait conservé la forme d'écailles cristallines.

Une dissolution de sulfo-molybdate potassique où le sulfide domine étant étendue d'eau, puis exposée à une température de 60 à 80°, il arrive que la liqueur, dont la couleur propre est un brun foncé, se remplit d'une substance pulvérulente plus claire qui peu à peu va au fond. Cette substance est la même combinaison formée par l'action de l'air, et conséquemment sans précipitation simultanée de molybdène sulfuré. Recueillie sur le filtre et séchée, elle offre une masse cohérente d'un

jaune orangé, formée par l'agglomération de petits points cristallins à éclat soyeux. Ce sel se dissout avec une extrême lenteur dans l'eau froide qu'il colore en jaune-pâle, mais se fond en rouge dans l'eau à 80°, et la dissolution se conserve sans dépôt sous l'action du froid. Evaporée, elle laisse une masse rouge, translucide, sans la moindre trace de cristallisation, qui ne se dissout point dans l'eau froide, même après plusieurs jours de contact avec elle, mais seulement se ramollit et se détache du verre; cependant elle se dissout promptement à l'aide de la chaleur. — On obtient encore le même sel sous cette forme pulvérulente cristalline en versant du sulphydrate potassique sur l'hyper-sulfide molybdique encore humide. Le premier paraît quelquefois dissoudre une petite portion du second; mais elle ne tarde pas à se déposer en même temps que la masse se précipite graduellement sous forme de poudre orangée, et que la liqueur devient presque incolore. Si l'hyper-sulfide contenait un mélange de sulfide molybdique, celui-ci se dissoudrait en rouge et resterait en solution dans la liqueur, ce qui donne un moyen facile de distinguer et de séparer ces deux degrés de sulfuration. Dans le cas où quelque partie de l'hyper-sulfo-sel resterait en dissolution, ce qui a lieu principalement quand la liqueur est étendue, on le séparerait par la concentration à l'aide d'une chaleur douce.

J'ai déjà parlé de la préparation de ce sel au moyen de l'ébullition dans un appareil distillatoire, du lavage à froid du précipité, et de sa dissolution dans l'eau chaude. Cette dissolution, évaporée, donne un sel sous forme d'une masse extractive, rouge et transparente.

La dissolution, qui, après que l'ébullition est terminée, découle, dans la filtration, de l'hyper-sulfo-sel précipité, est transparente et d'une très-belle couleur orangée. Elle contient alors, outre une certaine quantité de sulfo-molybdate non décomposé, les combinaisons formées pendant l'ébullition, nommément de l'hyper-sulfo-sel, de l'hypo-sulfite et du molybdate de potasse. Evaporée, elle donne une liqueur sirupeuse orangée, qui, par la dessiccation à une chaleur douce, se transforme en une masse rouge-cinabre; abandonnée à une solidification graduelle, elle offre un amas de particules salines qui paraît tout rouge à l'œil nu, mais où le microscope fait découvrir des cristaux incolores, rouges et jaunes mélangés entre eux. Ce sel contient à peine plus d'un tiers de la quantité de molybdène qui avant l'ébullition se trouvait combinée avec sa base.

Les *hyper-sulfo-molybdates sodique* et *lithique* se forment de la même manière que le sel précédent, auquel ils ressemblent parfaitement d'aspect et d'action. Je n'en ai obtenu aucun en cristaux, mais seulement sous la forme de la poudre orangée précédemment décrite, qui est presque insoluble à froid, mais très-soluble dans l'eau bouillante.

L'*hyper-sulfo-molybdate ammonique* s'obtient en versant du sulphydrate ammonique sur l'hyper-sulfide encore humide, d'où résulte la transformation de ce dernier en une poudre jaune, tout-à-fait pareille à la précédente, mais qui passe au rouge-sombre en se desséchant, vraisemblablement par la perte d'une portion de sulfure-base. Cette combinaison se forme encore plus

facilement lorsque le sulphydrate ammonique a été préalablement mêlé avec un peu d'ammoniaque caustique ; elle est insoluble dans la liqueur alcaline, colore l'eau de lavage en jaune et se dissout dans l'eau bouillante.

L'*hyper-sulfo-molybdate de barium* est insoluble dans l'eau, et se précipite lorsqu'on mêle une dissolution du sel de potassium avec du chloride de barium. Le précipité est orangé, tirant sur le rouge. Il n'est point dissous par l'eau bouillante, mais passe au rouge cinabre par l'ébullition, et se précipite comme une substance pesante. Le précipité rouge n'est point altéré par l'acide muriatique étendu.

L'*hyper-sulfo-molybdate de strontium* se comporte comme le sel de barium. La liqueur super-stagnante est incolore.

L'*hyper-sulfo-molybdate calcique* ne se précipite pas immédiatement lorsqu'on mêle le sel de potassium avec du chloride de calcium. Mais que l'on ajoute de l'alcool au mélange, la liqueur se troublera d'un nuage léger, et au bout de douze heures aura déposé une poudre rouge-cinabre peu soluble dans l'eau.

L'*hyper-sulfo-molybdate magnésique* est un précipité rouge insoluble, et la liqueur superstagnante est transparente et incolore.

Les autres sels neutres formés avec les radicaux des terres proprement dites ou avec les métaux proprement dits, sont tous précipités par le sel de potassium en rouge ou brun-rougeâtre, et bien distincts de l'hypersulfide molybdique isolé quant à la consistance et la nuance du précipité. Ils varient entre eux du rouge

clair au rouge foncé ou rouge-brun d'une manière plus facile à observer qu'à décrire. Je me dispenserai donc de les passer en revue, d'autant plus qu'on peut dire de chacun d'eux qu'il forme un précipité rouge-foncé, qui se conserve sans altération et dans la liqueur et pendant sa dessiccation. Mais je ferai mention de certaines propriétés particulières à quelques-uns de ces sels.

Le précipité tiré du *sel d'alumine* est très-peu de chose ; la liqueur paraît comme une solution transparente de couleur rouge ; mais, dans la filtration, la matière colorante s'arrête sur le papier, et une liqueur incolore passe lentement au travers.

Le *sel d'oxidule de fer* n'est point précipité par l'hyper-sulfo-sel de potassium, à moins que la dissolution ne contienne un certain excès de sel de fer, auquel cas il se forme un précipité rouge.

Le *chloride d'étain* est précipité en rouge, mais une grande partie du précipité se redissout en rouge dans la liqueur. Le *chlorure d'étain* est précipité complètement en brun foncé ; mais qu'on laisse pendant quelques jours le mélange dans un vase découvert, il s'y forme une dissolution d'hyper-sulfo-molybdate stannique par suite de l'oxidation de l'étain, et la liqueur, auparavant incolore, devient rouge par degrés.

Les hyper-sulfo-sels formés par une double décomposition des *sels de bismuth* et d'*oxidule de mercure* sont d'une couleur plus foncée que les autres, presque brune. Le *sel cuprique* paraît brun sombre au premier instant de la précipitation ; mais rassemblé en masse, il est rouge tirant sur le brun.

Le précipité du *sel d'argent* est brun foncé, et noir en masse.

Le précipité du *chloride d'or* est d'abord brun foncé, mais devient jaune par la dessiccation, offre un éclat métallique impur et prend le poli, ce qui indique une décomposition du sel. Distillé, il dégage du soufre et devient plus foncé. Chauffé ensuite à l'air libre, il se consume avec dégagement d'acide sulfureux, et devient jaune d'or. A une température élevée, il se forme un sublimé d'acide molybdique; circonstances qui prouvent que le sel d'or ne se décompose point dans la liqueur par la dissolution itérative du molybdène, mais seulement lors de la dessiccation.

(La suite de ce Mémoire est annoncée par l'auteur comme devant paraître dans les *Transactions de l'Académie royale des Sciences de Suède*, année 1826.)

---

## Du Pouvoir *conducteur de l'Electricité dans les métaux, et de l'Intensité de la force électrodynamique en un point quelconque d'un fil métallique qui joint les deux extrémités d'une pile.*

Par M. Becquerel.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 31 janvier 1825.)

M. Davy est le premier physicien qui se soit occupé de recherches sur la faculté conductricite plus ou moins grande des métaux pour l'électricité. Ce savant célèbre

prit des fils de différens métaux, de même longueur et de diamètres égaux, et chercha combien chacun d'eux déchargeait de plaques voltaïques, construites suivant la méthode de M. Wollaston. Il trouva qu'un fil d'argent de $\frac{1}{220}$ de pouce anglais de diamètre et de 6 pouces anglais de longueur déchargeait 65 plaques, 6 pouces d'étain 12 paires, 6 pouces de platine 11 paires, et de fer 9.

Il découvrit aussi que des fils métalliques plongés dans un fluide conducteur avaient un pouvoir conducteur en raison inverse de leur longueur, et que l'effet d'un fil était proportionnel à sa masse : ainsi 6 pouces de platine de $\frac{1}{220}$ de pouce déchargent 10 doubles plaques, 3 pouces 20, etc., et six fils ou un seul de même longueur, mais six fois plus pesant, produisent le même effet.

Pour s'assurer si un fil décharge entièrement une pile, M. Davy ajoute deux autres conducteurs qui plongent dans l'eau et partent chacun d'une des extrémités de la pile. Quand il y a effervescence, il en conclut alors que la pile n'est pas entièrement déchargée. Telles sont les recherches de M. Davy sur le pouvoir conducteur des substances métalliques. Elles supposent, 1°. que chaque plaque fournit au courant la même quantité d'électicité, et que les piles, formées d'un même nombre de ces plaques, ont la même intensité d'action ; 2°. qu'une pile est complètement déchargée par cela seul que l'eau cesse d'être décomposée par les conducteurs d'argent. Or, on sait que les variations qui surviennent à chaque instant dans l'action de la pile empêchent que les résultats soient rigoureusement comparables, et ensuite l'in-

dication de la non-décomposition de l'eau par les corps conducteurs n'indique pas que la pile est complètement déchargée ; car tout ce que l'on peut en conclure, c'est que la tension de l'électricité qui ne passe pas dans le fil conducteur n'est plus assez forte pour opérer une action chimique ; par conséquent, le procédé que nous venons d'exposer ne peut donc servir à déterminer rigoureusement les rapports de conductibilité des fils métalliques.

Nous avons cherché à résoudre le problême dans toute sa généralité, en déterminant le pouvoir conducteur des substances métalliques pour l'électricité, indépendamment des variations continuelles qui ont lieu à chaque instant dans la charge de la pile. Nous avons suivi la marche suivante :

Supposons qu'on adapte à chacune des extrémités d'une pile deux fils de même métal, égaux en longueur et en diamètre, il est évident que si l'on les fait communiquer deux à deux, on aura deux courans électriques de même intensité, puisque tout sera semblable de part et d'autre. Prenons maintenant deux fils de cuivre de 20 mètres environ de longueur, chacun de $\frac{1}{3}$ de millimètre de diamètre et recouverts de soie ; enroulons ces fils autour de la boîte d'un galvanomètre, on aura quatre bouts. Faisons communiquer chacun de ces bouts avec l'un des fils en communication avec l'une des extrémités de la pile ; il en résultera dans le galvanomètre deux courans électriques, et si les fils sont disposés de manière que les courans cheminent en sens inverse, l'aiguille aimantée, éprouvant de leur part des actions contraires et égales, restera toujours dans sa position

d'équilibre. Tel est le premier principe dont nous ferons usage.

L'aiguille aimantée reste effectivement stationnaire toutes les fois que les courans électriques qui cheminent en sens contraire sont parfaitement égaux; mais on ne parvient rigoureusement à cette égalité que lorsque tout est identique de part et d'autre, dans la disposition des fils, condition que l'on remplit en prenant l'un des quatre fils qui communiquent avec les extrémités de la pile, plus long que les autres : alors on le raccourcit peu à peu jusqu'à ce que l'aiguille aimantée n'éprouve plus de déviation. Pour s'assurer si l'aiguille conserve sa position d'équilibre, on trace, sur le plan inférieur du galvanomètre, une ligne droite parallèle à sa direction, et l'on s'applique à conserver toujours le parallélisme.

Soient *P* et *N* (fig. 1) les deux extrémités d'une pile, *G G'* un galvanomètre; *Pa*, *Pd*, *Nc*, *Nb* les quatre fils qui partent de ces extrémités, et qui se rendent dans quatre capsules *a*, *b*, *c*, *d* remplies de mercure, et dans lesquelles plongent aussi les quatre bouts de fil *ae*, *bf*, *cg* et *dh*, croisés de manière à produire deux courans égaux et dirigés en sens inverse. Supposons en outre que les distances *ab*, *cd* soient égales, si l'on fait communiquer *a* et *b*, *c* et *d* avec deux fils de même métal, égaux en longueur et en grosseur, l'aiguille aimantée ne sera pas déviée de sa position d'équilibre, attendu que les courans partiels qui passent par *ab* et *cd* étant égaux en intensité, les deux autres qui parcourent les grands circuits le seront également. Cet état d'équilibre subsistera toujours, quelles que soient les

variations qui surviendront dans la charge de la pile; mais si l'un des fils *ab*, *cd* est plus court que l'autre, il laissera passer plus d'électricité, et alors le courant électrique qui parcourra l'un des grands circuits *PaefbN*, *NcghdP*, dont deux points communiquent avec le fil le plus court *ab* ou *cd*, sera le moins fort, l'aiguille aimantée se trouvera donc déviée de sa position d'équilibre, et sa direction indiquera quel est le fil *ab* ou *cd* qui donne passage à plus d'électricité. C'est là le second principe dont nous allons nous servir pour résoudre le problême relatif à la conductibilité électrique des fils métalliques.

Nous venons de dire que pour trouver des rapports de conductibilité entre des fils métalliques, il suffisait de joindre les capsules *a* et *b*, *c* et *d* avec ces mêmes fils; mais cette jonction exige de très-grandes précautions : ces capsules, comme on sait, sont remplies de mercure pour que la communication soit mieux établie, et l'exactitude des expériences exige que les fils *ab* et *cd* ne fassent que le toucher. On remplit cette condition en se servant de l'appareil suivant.

Soit *ab* (fig. 2) un fil de métal que l'on fait passer dans un tube de verre *a' b'* fixé dans un morceau de liége *BB*, taillé en cylindre et qui est mobile le long d'un tube de verre *TT'*; le fil est recourbé à ses extrémités comme l'indique la figure. Quand on veut mettre en communication le fil avec le mercure, on descend peu à peu le morceau de liége *BB* le long de la tige *TT'*, jusqu'à ce que le contact soit bien établi. La seule précaution à prendre est de courber convenable-

ment les bouts *a a'*, *b b'* pour que les extrémités arrivent en même temps dans le mercure.

On se sert de mercure pour établir la communication toutes les fois que les métaux que l'on soumet à l'expérience ne sont pas susceptibles de former des amalgames dans les autres ; car il faut substituer aux soucoupes des pinces de cuivre que l'on serre avec des anneaux de même métal, et qui sont soudés à des socles en plomb, pour leur donner plus de solidité.

Mais comme ces expériences ne peuvent être comparables qu'autant que la température est la même dans les différens fils, puisqu'elle modifie leur conductibilité, comme l'a observé M. Davy, il sera nécessaire de les tenir constamment dans un mélange d'eau et de glace.

Supposons maintenant qu'on ait joint *a* et *b* avec un fil de cuivre de 1 décimètre de long et d'un diamètre quelconque, l'expérience prouve que pour maintenir l'aiguille aimantée en équilibre, il faut joindre *c* et *d* avec deux fils de cuivre de même diamètre et d'une longueur double, ou bien avec trois fils de même diamètre, mais d'une longueur triple, etc., etc. Ainsi, pour obtenir la même conductibilité dans deux fils de même métal, il faut que leurs poids soient proportionnels aux carrés de leurs longueurs, ou bien que les longueurs soient dans le rapport des sections des fils. Cette loi qui paraît rigoureuse pour toutes les longueurs et grosseurs de fil, rentre dans celle qui a été obervée par M. Davy. En effet, suivant ce célèbre chimiste, six pouces d'un fil de platine déchargent dix doubles plaques ; trois pouces, vingt : donc le pouvoir conducteur est en raison inverse

des longueurs ; il a trouvé, en outre, que deux fils de même longueur et de même diamètre, ou un seul de même longueur, mais d'un poids double, déchargeaient deux fois autant de plaques qu'un seul des premiers. Donc, deux fils de métal, ayant même longueur et même diamètre, déchargent autant de plaques voltaïques qu'un seul fil de même métal, mais d'une longueur moitié moindre.

On voit donc qu'en suivant une méthode plus exacte que celle dont s'est servi M. Davy, nous avons obtenu des résultats qui rentrent dans ceux qu'il a trouvés ; seulement ils prouvent rigoureusement que la quantité d'électricité qui s'écoule dans deux fils de métal parfaitement égaux, n'est ni plus petite, ni plus grande que celle qui passe dans un fil de même métal et de même diamètre, mais d'une longueur moitié moindre, avantage qu'on ne trouve pas dans le procédé de M. Davy.

Il est facile de vérifier la loi précédente dans le cas où deux fils de même métal sont inégaux en longueur et en diamètre ; soit $l$ la longueur du premier, $P$ son poids, $l'$ et $P'$ la longueur et le poids du second : quand la conductibilité est la même, on a $\frac{P}{P'} = \left(\frac{l}{l'}\right)^2$ ; or, nous avons trouvé qu'un fil de cuivre de 110 millim., pesant $0^{\text{gram.}},427$, et un autre de 34 mill., pesant $0^{\text{gr}},040$, avaient le même pouvoir conducteur ; donc :

$$\frac{P'}{P} = \frac{0,427}{0,040} = 10,67 \text{ et } \left(\frac{l'}{l}\right)^2 = \left(\frac{110}{34}\right)^2 = 10,43.$$

La différence entre ces résultats est assez petite pour qu'elle provienne des erreurs qui sont inévitables dans des expériences aussi délicates que celles que nous

venons de rapporter : la loi est donc vérifiée complètement.

La conductibilité électrique croît donc avec les masses, et non avec les surfaces ; par conséquent le fluide électrique en mouvement ne se porte pas à la surface des corps conducteurs, comme lorsqu'il est en équilibre ; il pénètre dans leur intérieur.

Appliquons les principes précédens à la détermination du pouvoir conducteur des substances métalliques. Supposons qu'un fil de métal, de cuivre, par exemple, de 2 décimètres de longueur et d'un diamètre quelconque, conduise autant d'électricité qu'un fil d'un autre métal, de 1 décimètre de longueur et de même diamètre que le précédent. On en conclura que deux fils du second conduisent autant d'électricité qu'un fil de cuivre, de même longueur et de même diamètre. Nous disons alors que le fil de cuivre a un pouvoir conducteur double de l'autre.

Lorsque les métaux peuvent se tirer à la filière, rien de plus simple que de déterminer leur pouvoir conducteur, au moyen du procédé que nous venons d'indiquer ; mais lorsqu'ils ne jouissent pas de cette propriété, comme le mercure, le potassium et autres, il faut les introduire dans des tubes de verre parfaitement calibrés, et déterminer exactement les dimensions des cylindres métalliques que l'on a ainsi formés, et que l'on met en communication avec les fils métalliques du circuit. On compare ensuite leurs conductibilités, comme on l'a indiqué précédemment pour les fils métalliques.

Nous avons trouvé qu'un fil de cuivre de 61 mill. de longueur et un fil de platine de 10 mill., l'un et l'au-

tre de même diamètre, avaient le même pouvoir conducteur ; un fil de cuivre de 13 millim. et un fil d'argent de 1 centim. avaient aussi le même pouvoir conducteur. Nous en avons conclu que la conductibilité du cuivre est à celle du platine comme 6,1 : 1 ; la conductibilité du cuivre à celle de l'argent comme 1,3 : 1.

En représentant par 100 le pouvoir conducteur du cuivre rouge, nous avons formé le tableau suivant, qui renferme le pouvoir conducteur de plusieurs métaux, exprimé en fonction du premier :

| DÉSIGNATION DES MÉTAUX. | POUVOIR CONDUCTEUR. |
|---|---|
| Cuivre | 100. |
| Or | 93,60. |
| Argent | 73,60. |
| Zinc | 28,50. |
| Etain | 15,50. |
| Platine | 16,40. |
| Fer | 15,80. |
| Plomb | 8,30. |
| Mercure | 3,45. |
| Potassium | 1,33. |

*De l'Intensité de la force électro-dynamique en un point quelconque du fil métallique qui joint les deux extrémités d'une pile.*

L'intensité de la force électro-dynamique est-elle la même en un point quelconque d'un fil conjonctif, ou bien diminue-t-elle depuis les extrémités de la pile jusqu'au milieu du fil? L'expérience et les données que

nous avons acquises vont nous servir de guide dans l'examen de cette question importante.

Soient *MM'* (fig. 3) une pile ordinaire; *PA, NB* deux tiges métalliques fixées à chacune de ses extrémités, et *PN* le fil métallique, le long duquel s'établit le courant électrique. Prenons sur ce fil, à partir de son milieu *o*, des distances égales *oa*, *ab*, *bc*, *oa'*, *a'b'*, *b'c'*; soudons-en chacun des points *a*, *b*, *c*, *etc.*, *a'*, *b'*, *etc.* des fils de cuivre égaux en longueur et en diamètre. Servons-nous d'un galvanomètre très-sensible, dont chaque bout de fil vient aboutir dans une petite capsule remplie de mercure, et plongeons dans chacune d'elles un des bouts $a\alpha$, $b\beta$ par exemple; l'aiguille aimantée sera fortement déviée de sa direction, et la déviation sera d'autant plus grande que la distance *ab* sera plus petite. Si l'on met en communication les mêmes capsules avec les bouts $c'\gamma'$, $d'\delta'$, de manière à produire dans le fil du galvanomètre un second courant dirigé en sens inverse du premier, l'aiguille aimantée ne sera pas dérangée de sa position d'équilibre ordinaire. De là, nous concluons que puisque pour deux distances égales quelconques *ab*, *d'c'* prises sur un fil qui joint les deux extrémités d'une pile, les deux courans qui parcourent le fil du galvanomètre sont égaux, il faut, de deux choses l'une, d'après ce que nous savons sur le partage d'un courant électrique suivant plusieurs conducteurs, ou que l'intensité du courant soit la même en un point quelconque de ce fil, ou bien qu'elle décroisse en raison arithmétique, à partir des extrémités de la pile. C'est le seul moyen d'expliquer le résultat que nous avons trouvé; car la différence en-

tre l'intensité du courant en *a* et celle du courant en *b* doit être la même que la différence entre les intensités des courans électriques aux points *b'* et *a'*.

---

## Analyse *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 5 *juin* 1826.

Séance publique; Proclamation des prix décernés et des prix proposés (*voyez* ci-dessus page 91-95); Éloge historique de M. le comte de Lacépède, par M. Cuvier; de l'Importance du règne minéral sous le rapport de ses applications, par M. Beudant; Éloge historique de M. Breguet, par M. Fourier; Mémoire sur le sens de l'ouie considéré comme instrument de mesure dans ses applications aux arts et aux lettres, par M. Dupin.

### *Séance du lundi* 12 *juin.*

L'Académie reçoit un Mémoire de M. Brenner, pasteur de l'église d'Écosse, sur le magnétisme; une Lettre de M. Billerey, de Grenoble, sur un nouvel hydro-calefacteur; un Projet d'expérience ayant pour but de déterminer l'action du soleil sur les fleurs; une Lettre de M. Kramp fils, annonçant la perte que les sciences viennent de faire dans la personne de son père, correspondant de l'Académie.

M. Duméril rend un compte verbal d'un ouvrage de

M. Foureau de Beauregard, ayant pour titre : *Vues prophylactiques et curatives sur la fièvre jaune.*

M. Latreille met sous les yeux de l'Académie des échantillons de cardium édule, coquilles marines trouvées à Abbeville, par M. Baillon, dans un sol d'atterrissement, à sept mètres environ de profondeur et à quatre lieues de la mer où vivent ces animaux.

M. Huzard fait un rapport verbal sur l'ouvrage intitulé : *Études de chevaux, dessinées d'après nature en* 1824 *au haras royal de Neustadt, dans la Marche de Brandebourg.*

Un rapport lu par MM. Thenard et de Rossel a montré que les moyens proposés par M. Belin de Laveal pour conserver l'eau sans altération ne sauraient être adoptés.

On annonce que M. Billaudel, ingénieur des ponts et chaussées, a découvert dans une carrière exploitée, près des bords de la Garonne, une caverne où il a recueilli un amas considérable d'ossemens de divers animaux.

M. Navier présente un Mémoire de M. Sartoris sur un système de barrage et de vannes, propre à faciliter la navigation des rivières.

M. Chevreul achève la lecture de ses Recherches chimiques sur la teinture.

M. Turpin lit un Mémoire intitulé : *Organographie végétale* ou *Obervations sur quelques végétaux microscopiques, et sur le rôle que leurs analogues jouent dans la formation et l'accroissement du tissu cellulaire.*

---

## Note *sur quelques Phénomènes électro-magnétiques.*

Plusieurs faits ont été présentés à différentes époques comme nouveaux et inconciliables avec la manière dont M. Ampère conçoit et représente les actions électro-magnétiques. L'objet de cette Note est de montrer que ces faits, loin de la détruire, sont parfaitement d'accord avec sa théorie.

On doit à M. Faraday l'expérience du mouvement de révolution continu d'un aimant autour d'un fil ou d'un fil autour d'un aimant.

Ce mouvement pouvait se déduire de ce que M. Ampère avait fait voir long-temps avant : 1°. que l'action mutuelle de deux portions quelconques de courans électriques se change en une action égale et directement opposée, si, toutes choses restant d'ailleurs semblables, on vient à changer le sens d'un seul des deux courans ; 2°. que tout se passe comme si deux portions très-petites, deux élémens de courans agissaient l'un sur l'autre suivant la droite qui joint les milieux de ces élémens.

En effet, soit $aba'b'$ (fig. 1) un courant circulaire allant de $a$ vers $b'$, et formant un circuit fermé dans un plan que je suppose horizontal, pour fixer les idées : soit $MmN$ une portion de conducteur de forme quelconque, située dans un plan vertical et qui puisse se mouvoir en tournant librement autour d'un axe vertical $OM$, passant par le centre $O$ du courant circulaire : je considère deux élémens $asb$, $a's'b'$ sembla-

blement situés des deux côtés du plan *MON*; leurs actions sur un point *m* du courant *MN* sont, d'après ce qu'on vient de voir, deux forces dirigées suivant les droites *ms*, *ms'* d'intensités égales, mais de signes contraires, puisque tout est symétrique de part et d'autre, excepté le sens du courant, qui, dans l'élément *asb* va de *a* vers *b*, s'approchant ainsi du point *m*, tandis que dans l'élément *a's'b'* il va de *a'* en *b'*, et s'éloigne du même point. Si donc la première force, attractive, agit suivant *ms*, la seconde, répulsive, agira suivant *ms''* prolongement de *ms'*; leur résultante aura donc pour direction la perpendiculaire élevée au point *m* sur le plan *MON*; car cette ligne, à cause de la symétrie de la figure, fait avec les droites *ms*, *ms''* des angles égaux. En réunissant ainsi deux à deux les élémens du courant circulaire, on voit que l'action de toute la circonférence sur le point *m* se réduit à une force perpendiculaire au plan vertical *MON*. Il en serait de même pour chaque point du circuit *MN*. Si donc ce circuit ne peut se mouvoir qu'autour d'un axe vertical passant par le centre *O*, il devra tourner autour de cet axe d'un mouvement continu.

Si le fil mobile formait au-dessus et au-dessous du courant circulaire deux contours semblables, la partie inférieure et la partie supérieure tendraient, comme il est facile de le voir, à tourner dans des sens opposés avec des vitesses égales, le système entier ne prendrait aucun mouvement.

M. Ampère a constaté par des expériences précises que quand le conducteur mobile *MmN* a ses deux extrémités dans l'axe *OM*, ou quand il forme un circuit

fermé de forme invariable, le mouvement dont il est ici question devient également impossible. En appliquant sa formule à ce résultat, il est arrivé à une conséquence que rien n'avait encore fait soupçonner; savoir, que les différentes parties d'un même courant rectiligne se repoussent mutuellement, et cette conséquence a été vérifiée bientôt après par les expériences qu'il a faites à ce sujet. Une autre conséquence qu'il a aussi vérifiée de la même manière, consiste en ce que la force avec laquelle le conducteur mobile *MmN* tend en général à tourner autour de l'aimant, ne dépend en rien de sa forme, mais seulement des distances de ses deux extrémités à l'axe et aux pôles de l'aimant.

Si l'on admet que les particules d'un aimant doivent leur action à des courans électriques formant autour de ces particules des circuits fermés dont les dimensions soient très-petites, on aura dans ce qui précède l'explication du mouvement continu d'un fil autour d'un aimant; et il suit de cette explication et de ce que nous venons de dire, que ce mouvement n'aurait pas lieu si le conducteur mobile était formé de deux branches égales et disposées symétriquement des deux côtés d'un plan mené par le milieu de l'aimant perpendiculairement à son axe, ou si le conducteur mobile formait un circuit fermé, dont toutes les parties fussent invariablement liées entre elles, conséquence qui est encore confirmée par l'observation.

Si l'on suppose le fil fixe et l'aimant mobile, le même raisonnement prouve que l'aimant devra tourner toujours dans le même sens autour du fil, pourvu toutefois que le courant électrique ne forme pas un circuit

fermé de forme constante. Cette condition est remplie lorsque l'aimant plonge dans le liquide où viennent aboutir les extrémités du fil, et elle suffit dans ce cas pour rendre le mouvement de révolution de l'aimant autour du fil susceptible de se continuer indéfiniment, soit que le courant électrique traverse l'aimant, ou que celui-ci soit revêtu d'une substance isolante qui s'oppose à ce que cette circonstance puisse avoir lieu. L'explication que M. Ampère a donnée de ce mouvement dans le tome xx, pages 68—70 des *Annales*, s'applique à ces deux cas, et montre que dans l'un et dans l'autre le mouvement produit doit être le même. L'expérience vérifie encore à cet égard les conséquences de sa théorie. C'est en suivant les mêmes conséquences que M. Ampère trouva le moyen de produire une autre sorte de mouvement, la rotation d'un aimant autour de son axe par l'action du courant électrique, à une époque où l'on regardait ce mouvement comme impossible.

Il fit voir à cette occasion que, quand il s'agit de faire tourner l'aimant autour de son axe, il faut nécessairement que le courant électrique passe ou par l'aimant ou par une portion de conducteur qui lui soit invariablement liée, et que la liquidité d'une partie du circuit voltaïque qui suffit pour que la révolution d'un aimant flottant autour du fil conducteur soit possible, ne suffit plus pour que la rotation du même corps autour de son axe le soit; cette dernière conséquence de la théorie de M. Ampère est également justifiée par les faits.

Pour se faire une idée nette de ce mouvement, il faut se rappeler que, d'après le principe fondamental de la

mécanique sur l'égalité de l'action et de la réaction agissant dans des directions opposées suivant la droite qui joint les points d'application de ces deux forces, l'action mutuelle de tous les points d'un système de forme invariable ne peut produire aucun mouvement dans ce système, et que si l'on conçoit deux systèmes tels que ceux dont nous parlons, qui ne puissent se mouvoir qu'en tournant autour d'un axe donné, l'un de ces systèmes invariables ne peut tendre à faire tourner l'autre autour de l'axe donné, sans que celui-ci tende à faire tourner le premier autour du même axe avec une force égale, mais en sens contraire. Il suit de là que quand une portion du courant électrique traverse un aimant ou fil conducteur invariablement lié à cet aimant, cette portion de courant ne peut avoir aucune sorte d'action pour lui imprimer un mouvement quelconque, et que quand l'aimant ne peut que tourner autour de son axe, un circuit électrique fermé ne peut tendre à lui imprimer ce mouvement, puisque, ainsi que nous l'avons dit tout-à-l'heure, l'expérience et la théorie se réunissent pour prouver que l'aimant n'a aucune action pour faire tourner autour de son axe un circuit fermé. Or, tant qu'aucune portion du courant électrique ne passe par l'aimant ou n'est liée avec lui, il est soumis à l'action de tout ce courant qui forme dans les fils conducteurs et dans la pile un circuit total toujours complètement fermé; la rotation de cet aimant autour de son axe est donc alors impossible. Elle devient possible, au contraire, quand on fait passer par l'aimant ou par un fil qui lui est invariablement lié, une portion du courant dont les extrémités ne sont pas dans l'axe, et qui

ne forme pas un circuit fermé, parce qu'alors cette portion n'exerçant plus aucune action sur l'aimant, c'est comme si elle était supprimée. Le reste du circuit total qui a ses extrémités aux mêmes points que la portion supprimée, agit sur l'aimant et le fait tourner avec une force égale à celle avec laquelle l'aimant ferait tourner en sens contraire ce reste du circuit total s'il était possible de le rendre mobile.

La rotation de l'aimant sera donc indépendante de la forme qu'on donnera au circuit total, et ne dépendra que des distances à l'axe et aux pôles de l'aimant des deux points qui séparent la portion du courant liée à l'aimant du reste du circuit voltaïque, et elle cesserait d'avoir lieu si ces points se trouvaient sur l'axe de l'aimant, ou si la portion qui lui est liée, et par conséquent aussi le reste du courant total formaient un circuit fermé. Toutes ces conséquences sont encore complètement conformes à ce qu'on trouve quand on fait les expériences propres à les vérifier.

Les mouvemens observés à la surface du mercure s'expliquent comme ceux des fils conducteurs; mais il n'est pas aussi facile de les prévoir avec la même exactitude, parce qu'ils dépendent de la manière, qui n'est pas encore suffisamment déterminée, dont un courant se répand sur la surface et dans la masse du mercure. Cependant si l'on admet que lorsqu'on y plonge les extrémités des deux fils conducteurs, le courant suit les filets de ce liquide qui joignent à-peu-près en ligne droite les points d'immersion, on voit qu'à l'instant où l'on approchera un aimant de la surface vers le milieu de l'intervalle qui sépare les fils, chaque élément des

courans établis dans le mercure devra être transporté perpendiculairement à sa direction, comme le serait l'élément semblablement situé d'un fil conducteur mobile. Ainsi s'établira autour de chaque point un tourbillon; tous les points intérieurs seront portés d'un même côté de la ligne qui joint les deux fils; car dans toute cette ligne le courant a une même direction absolue, et chaque moitié de ce courant des directions contraires relativement au pôle de l'aimant qu'on lui présente.

M. Davy a fait connaître un phénomène plus compliqué. Si *ACDB* (fig. 2) représente la coupe verticale d'un vase plein de mercure jusqu'au niveau *EF*, qu'on introduise dans ce mercure par le fond du vase qui le contient, les deux fils conducteurs *GH*, *G'H'*, et qu'on les isole de la masse liquide dans toute leur longueur, excepté vers leurs extrémités *H*, *H'*, situées à une très-petite distance de la surface *EF*, à l'instant où l'on met la pile en action, un cône de mercure est soulevé au-dessus de chacune des pointes. Le Mémoire où M. Davy a publié les expériences qu'il a faites sur ce sujet, a été inséré dans le tome xxv des *Annales*. On peut voir, à la page 69 de ce volume, le passage où il établit que cet effet ne peut être produit ni par l'électricité agissant à l'état de tension, ni par l'espèce d'action qui a lieu lorsqu'elle vient à passer d'un bon dans un mauvais conducteur; mais il est assez singulier que ce grand physicien n'ait pas fait attention que cette élévation du mercure en *h* et *h'* était un effet produit par la répulsion qui doit avoir lieu, d'après la théorie de M. Ampère, entre les portions du courant électrique

qui parcourent les fils $GH$, $G'H'$ d'une part, et le courant qui s'établit dans le mercure suivant la ligne $hh'$. Tous ceux qui ont jeté les yeux sur les ouvrages de M. Ampère savent qu'il a fait voir dès le principe (et ce fait est une des bases de sa théorie), que deux courans dont les directions forment un angle quelconque, s'attirent, s'ils s'approchent ou s'éloignent tous deux du sommet de l'angle que forment ces directions; qu'ils se repoussent au contraire, si l'un s'en approche, tandis que l'autre s'en éloigne. Ce dernier cas a lieu dans l'expérience dont il s'agit. Le courant $hh'$ qui s'établit à la surface du mercure d'une pointe à l'autre forme avec les courans $HG$, $H'G'$ qui ont lieu dans les fils les angles droits $hh'G'$, $h'hG$, et d'après ce qui vient d'être dit, le sens est tel qu'il y a répulsion entre les molécules fluides de la surface voltaïsée et chacune des pointes des fils conducteurs. Si cette force répulsive est comparable à la pesanteur et à la cohésion, il devra donc se former au-dessus de ces pointes de petites élévations : c'est ce que montre l'expérience.

Que l'on approche, verticalement au-dessus de l'un des petits cônes, l'un des pôles d'un barreau aimanté, ce pôle, ainsi qu'on l'a vu dans l'expérience précédente, tendra à imprimer au mercure un mouvement de rotation dans un sens déterminé par la nature du pôle et le sens relatif du courant. Le déplacement, d'abord très-lent des sections verticales du cône, accélérera cependant l'écoulement du fluide soulevé. A mesure que l'on approche l'aimant, la vitesse de rotation augmente; la force centrifuge qu'acquièrent les molécules en mouvement élargit de plus en plus la base du cône et en

diminue la hauteur. Il vient un terme où l'élévation est nulle. Enfin les molécules de la partie de la masse que le courant traverse pour arriver du fil à la surface acquérant elles-mêmes une vitesse de rotation de plus en plus grande, une dépression conique doit se manifester au-dessus de la pointe d'où s'échappe le courant. Une semblable dépression a lieu toutes les fois qu'on fait tourner un fluide avec rapidité.

Telles sont les différentes circonstances du phénomène observé par sir H. Davy. Si l'on ne pouvait pas les prévoir sans connaître les rapports de la pesanteur à la force attractive ou répulsive des parties d'un même courant, et à l'action qu'exerce un pôle magnétique sur ce courant, au moins peut-on dire qu'aucune de ces circonstances ne se refuse à une explication facile, fondée sur les premières expériences de M. Ampère, et sur sa manière de concevoir les aimans. Il paraît cependant que l'illustre physicien anglais a cru que l'abaissement du mercure déterminé également par *les deux pôles opposés* était, suivant un passage du Mémoire cité plus haut, qui se trouve à la page 71 du tome XXV des *Annales*, *fortement contraire à l'opinion que les effets électro-magnétiques sont produits par les courans intérieurs ou les mouvemens d'un seul fluide impondérable.* Sans doute, dans la théorie de M. Ampère, *les pôles opposés* produisent des effets contraires en ce sens, qu'ils font, par exemple, tourner le mercure en deux sens différens; mais comme l'abaissement du mercure est dû à la force centrifuge, qui est toujours la même, quel que soit le sens de la rotation, il doit avoir lieu également par l'action du pôle qui fait tourner le

mercure de droite à gauche, comme par celle du pôle qui le fait tourner de gauche à droite.

Au reste, M. Ampère n'a jamais attribué les phénomènes électro-dynamiques aux mouvemens d'un seul fluide impondérable ; car il a, dans tout ce qu'il a écrit sur ce sujet, considéré le courant électrique comme une suite de décompositions et de recompositions du fluide neutre, résultant de la réunion du fluide positif et du fluide négatif, ces deux derniers fluides jouissant, à un degré égal, de propriétés opposées.

Il serait superflu de rappeler d'après quelles analogies dans leur action mutuelle, M. Ampère a assimilé les aimans à des systèmes d'hélices électriques d'un diamètre infiniment petit. On n'aura pas oublié que la plus frappante de ces analogies, la direction que l'action magnétique du globe donne à une hélice ou même à un fil conducteur plié en cercle et représentant une seule des spires de cette hélice, parut tellement un fait nouveau en Angleterre, que pendant long-temps les physiciens anglais s'accordèrent à en nier la réalité, quoiqu'au mois de novembre 1820 M. Ampère eût plusieurs fois répété cette expérience devant des membres de l'Institut et d'autres physiciens, et que M. Dulong l'eût faite à la même époque dans les leçons qu'il donne à l'Ecole polytechnique. On peut voir dans le Mémoire de M. Faraday, publié au mois de septembre 1821, que près d'un an après on n'avait pas encore réussi en Angleterre à produire ce mouvement.

Le calcul peut seul faire connaître exactement les conséquences qui résultent nécessairement d'une théorie. Tant qu'on n'y a pas recours on ne peut en déduire ces

conséquences que d'une manière vague et souvent fautive.

La théorie de M. Ampère consiste uniquement ; 1°. en ce que deux élémens de courans voltaïques s'attirent ou se repoussent avec une force dirigée suivant la droite qui en joint les milieux, et qui est proportionnelle à une fonction différentielle très-simple de la racine carrée de leur distance ; 2°. en ce que les aimans doivent leurs propriétés à des courans électriques tournant autour de leurs particules, et qui se placent pendant l'aimantation dans des plans tels qu'il y ait équilibre entre toutes les forces, résultant de cette loi, qui agiraient sur eux pour les déplacer ; car si cet équilibre n'avait pas lieu, ces forces donneraient nécessairement pendant l'aimantation une disposition différente aux plans de ces courans. La disposition déterminée par cet équilibre cesse dans le fer doux aussitôt que les forces cessent d'agir ; elle subsiste, au contraire, dans l'acier trempé ; mais, dans tous les cas, pour savoir ce qui doit résulter de l'action qu'exerce un aimant soit sur un fil conducteur, soit sur un autre aimant, il faut partir de la valeur de l'action mutuelle de deux élémens de courans électriques, l'appliquer à tous les élémens des courans tournant autour des particules de l'aimant, et en déduire par l'intégration les effets qui sont des conséquences rigoureuses de cette théorie : en s'y prenant ainsi, on obtient un accord si parfait entre les résultats du calcul et ceux de l'expérience que l'entière conformité de cette théorie et de tous les faits observés, ne laisse rien à désirer pour en démontrer la vérité aussi complètement que peut l'être celle de toute

autre théorie physique. Mais quand, au lieu de suivre cette marche, on cherche par de vagues considérations à déduire des idées de M. Ampère, ce qui doit arriver dans des cas où le calcul pourrait seul donner des résultats exacts, on en tire de fausses conséquences, et lorsqu'on voit qu'elles ne se réalisent pas, des objections contre sa théorie qui sont aussi dépourvues de fondement que celles qui ont été réfutées dans cette Note.

---

Note *de M.* Vicat, *Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, relativement à son dernier Mémoire sur les Mortiers.*

Il n'est pas vrai que les argiles légèrement calcinées au contact de l'air décomposent plus d'eau de chaux qu'à l'état naturel; c'est tout le contraire. Mais ce qui reste certain, c'est que leur énergie est très-sensiblement proportionnelle à la quantité d'eau de chaux décomposée.

Les bonnes argiles à pouzzolane réduites en poudre et calcinées sur une plaque incandescente décomposent, en moins d'une heure, 260 parties d'eau de chaux (saturée à 20° R.), terme moyen, pour 100.

Les mêmes argiles calcinées en poudre, mais en vases clos pendant deux heures, n'en décomposent plus que 100 pour 100.

Les argiles qui ne fournissent que de médiocres pouzzolanes décomposent, dans les mêmes circonstances, 60 à 80 d'eau de chaux, et les mauvaises 25 à 38 seulement; les pouzzolanes d'Italie en décomposent 147 pour 100.

Les argiles à l'état naturel, qui ne décomposent pas au-delà de 400 à 500 parties d'eau de chaux pour 100, ne sauraient être employées comme pouzzolanes. Les argiles extraites par lavage des *arénes* de première qualité décomposent jusqu'à 1100 d'eau de chaux pour 100.

---

# OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Août* 1826.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 756,27 | +29,2 | 54 | 756,11 | +34,0 | 47 | 754,95 | +33,7 | 35 | 754,34 | +29,2 | 45 | +36,2 | +19,9 | Légers nuages. | E. |
| 3 | 754,20 | +31,4 | 57 | 753,73 | +34,4 | 47 | 753,12 | +35,0 | 45 | 752,80 | +27,0 | 60 | +35,5 | +20,9 | Légères vapeurs. | N. |
| 4 | 753,67 | +25,9 | 74 | 753,93 | +28,5 | 68 | 754,00 | +24,0 | 83 | 754,54 | +22,7 | 88 | +28,5 | +20,0 | Couvert. | O. |
| 5 | 754,20 | +26,1 | 73 | 754,10 | +29,5 | 65 | 753,67 | +20,8 | 86 | 754,15 | +19,7 | 99 | +29,5 | +19,0 | Couvert. | S. |
| 6 | 755,35 | +21,0 | 89 | 755,05 | +25,2 | 78 | 754,57 | +24,7 | 71 | 755,71 | +17,2 | 98 | +25,2 | +16,0 | Couvert, brouillard. | E. N. E. |
| 7 | 758,27 | +21,0 | 79 | 758,75 | +23,7 | 70 | 758,53 | +24,5 | 60 | 760,75 | +19,0 | 89 | +24,5 | +16,0 | Nuageux. | N. O. |
| 8 | 762,54 | +23,4 | 60 | 762,02 | +25,7 | 54 | 761,55 | +25,0 | 56 | 761.50 | +20,2 | 85 | +25,8 | +14,7 | Nuageux. | O. |
| 9 | 761,03 | +22,9 | 63 | 760,08 | +25,0 | 66 | 758,97 | +25,9 | 64 | 757,93 | +21,2 | 71 | +26,5 | +15,0 | Serein. | O. |
| 10 | 756,53 | +21,2 | 74 | 756,10 | +23,2 | 70 | 755,22 | +20,8 | 80 | 754,24 | +19,6 | 96 | +23,2 | +16,7 | Couvert. | O N. O. |
| 11 | 752,14 | +17,6 | 98 | 751,70 | +22,5 | 84 | 751,67 | +24,1 | 69 | 752,82 | +16,7 | 96 | +24,1 | +16,8 | Couv., gout. d'eau. | E. |
| 12 | 755,86 | +19,2 | 76 | 756,05 | +22,0 | 58 | 755.30 | +23,5 | 56 | 756,10 | +17,5 | 92 | +23,5 | +17,2 | Tres-nuageux. | O. |
| 13 | 758,12 | +21,0 | 72 | 758,46 | +21,8 | 65 | 759,10 | +22,1 | 56 | 761,04 | +15,3 | 86 | +22,1 | +15,2 | Nuageux. | O. |
| 14 | 762,74 | +20,9 | 65 | 761.30 | +21,5 | 55 | 759,90 | +22,9 | 41 | 758,08 | +19,9 | 68 | +22,9 | + 9,8 | Quelq. légers nuages. | N. E. |
| 15 | 756,38 | +22.6 | 79 | 756,18 | +24,2 | 83 | 755,83 | +26,5 | 69 | 758,45 | +19,4 | 77 | +26,5 | +17,0 | Couvert. | S. O. |
| 16 | 760,78 | +24,5 | 67 | 759,98 | +25,0 | 65 | 759,20 | +26,0 | 62 | 758,73 | +19,1 | 85 | +26,0 | +15,0 | Nuageux. | S. E. |
| 17 | 758,15 | +24,6 | 63 | 757,84 | +25,7 | 53 | 757,04 | +25,2 | 50 | 757,07 | +19,2 | 80 | +25,8 | +14,3 | Superbe. | S. O. |
| 18 | 761,00 | +20,1 | 78 | 761,64 | +21,5 | 67 | 761,73 | +22,5 | 60 | 763,97 | +18,2 | 71 | +22,5 | +16,2 | Très-nuageux. | N. O. |
| 19 | 766,20 | +21,8 | 67 | 765,64 | +23,2 | 60 | 765,00 | +24,8 | 59 | 764,60 | +21,8 | 70 | +24,7 | +13,4 | Beau. | N. E. |
| 20 | 766,27 | +23,7 | 59 | 762,13 | +26,5 | 49 | 760,95 | +27,6 | 47 | 760,10 | +23,7 | 57 | +27,6 | +15,0 | Beau. | E. |
| 21 | 757,72 | +24,4 | 65 | 756,70 | +28,2 | 59 | 755,50 | +29,0 | 52 | 754,56 | +23,5 | 76 | +29,3 | +16,5 | Beau. | N. E. |
| 22 | 754,50 | +24,0 | 74 | 754,36 | +26,5 | 69 | 754,53 | +22,5 | 77 | 754,96 | +17,7 | 98 | +27,5 | +17.7 | Couvert. | N. |
| 23 | 755,96 | +21,2 | 79 | 755,52 | +24,1 | 70 | 755,60 | +22,4 | 74 | 756,64 | +16,4 | 84 | +24,1 | +16,4 | Eclaircies. | S. |
| 24 | 755,70 | +22,5 | 63 | 754,11 | +25,2 | 52 | 752,50 | +26,0 | 52 | 751,66 | +21,2 | 68 | +26,5 | +12,5 | Beau. | S. |
| 25 | 752,53 | +23,3 | 79 | 752,65 | +26,5 | 73 | 752,00 | +25.5 | 82 | 753,44 | +20,2 | 82 | +26,5 | +19,8 | Pluie. | S. |
| 26 | 752,04 | +25,9 | 71 | 750,97 | +30,5 | 59 | 749,34 | +32,0 | 48 | 749,04 | +25,0 | 63 | +32,7 | +15,5 | Beau. | S. S. E. |
| 27 | 753,78 | +21,5 | 82 | 753,86 | +21,5 | 82 | 753,50 | +17,2 | 99 | 754,55 | +17,2 | 99 | +23,1 | +17,3 | Couvert, pluie. | S. O. |
| 28 | 757,27 | +19,5 | 83 | 757,83 | +23,0 | 63 | 757,76 | +22,1 | 59 | 758,68 | +16,0 | 86 | +23,0 | +15,6 | Nuageux. | O. |
| 29 | 758,80 | +21,9 | 70 | 758,32 | +25,5 | 59 | 757,30 | +24,9 | 55 | 757,10 | +17,8 | 80 | +25,5 | +13,0 | Nuageux. | S. |
| 30 | 756,37 | +22,2 | 71 | 755,33 | +24,9 | 58 | 753,87 | +25,0 | 55 | 753,10 | +20,4 | 72 | +25,4 | +13,5 | Beau. | E. S. E. |
| 31 | 756,94 | +23,7 | 75 | 749,82 | +27,2 | 60 | 749,08 | +28,2 | 57 | 752,05 | +21,0 | 83 | +28,3 | +14,0 | Beau. | S. |
| | 753,90 | +19,5 | 92 | 753,20 | +23,7 | 82 | 753,32 | +22,4 | 72 | 752,50 | +18,5 | 92 | +23,8 | +17,5 | Eclaircies. | S. O. |
| 1 | 756,42 | +24,0 | 72 | 756,16 | +27,2 | 65 | 755,62 | +25,8 | 65 | 755,88 | +21,2 | 83 | +27,9 | +17,5 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie en centim. |
| 2 | 760,32 | +22,3 | 69 | 759,59 | +24,0 | 61 | 758,96 | +25,0 | 55 | 759,27 | +19,8 | 76 | +25,1 | +15,1 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 4,819 |
| 3 | 754,71 | +22,3 | 76 | 754,18 | +25,3 | 66 | 753,53 | +24,4 | 66 | 753,98 | +19,2 | 82 | +26,0 | +15.7 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 4,435 |
| | 757,07 | +22,8 | 73 | 756,56 | +25,5 | 64 | 755,95 | +25,1 | 62 | 756,29 | +20,0 | 81 | +26,3 | +16,1 | Moyennes du mois, | + 21,2. |

# TABLE

## DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

Mémoire *sur la Voix des oiseaux*; *par M.* Félix Savart. Page 5

*De l'Emploi des corps gras comme hydrofuge dans la peinture sur pierre et sur plâtre, dans l'assainissement des lieux bas et humides*; *par MM.* D'Arcet *et* Thenard. 24

*Quatrième Mémoire sur les Canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses*; *par M.* P. S. Girard. 36

*Supplément au Mémoire sur la Distillation des corps gras*; *par M.* Dupuy. 53

*Mémoire sur les Sulfo-Sels*; *par M.* J. Berzelius. 60

*Prix décernés par l'Académie des Sciences, dans la séance publique du lundi 5 juin* 1826. 91

*Programme des Prix proposés par l'Académie royale des Sciences pour les années* 1827 *et* 1828. 95

*Analyse des cendres de l'Etna envoyées par M.* Ferrari, *professeur d'histoire naturelle à Palerme*; *par M.* Vauquelin. 106

*Relation entre la forme des cristaux et leur dilatation par la chaleur ; par M.* Mitscherlich. 111

*Observations météorologiques du mois de mai.* 112

*Fin du Mémoire sur la Voix des oiseaux ; par M.* Félix Savart. 113

*Fin du Mémoire sur les Canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses ; par M.* P. S. Girard. 131

= *Planche du Mémoire de M.* Girard.

*Suite du Mémoire sur les Sulfo-Sels ; par M.* J. Berzelius. 166

*Nouveaux Faits pour servir à la théorie des Cimens calcaires ; par M.* Vicat. 197

*Sur le Gisement du Platine ; Note de M.* de Humboldt *et Lettre de M.* Boussingault *à M.* de Humboldt. 204

*Note concernant les Phénomènes magnétiques auxquels le mouvement donne naissance ; par M.* Arago. 213

*Nouvelle Formation d'Acide sulfurique anhydre.* 223

*Observations météorologiques du mois de juin.* 224

*Mémoire sur la Théorie du Magnétisme en mouvement ; par M.* Poisson. 225

*Analyse des Cendres de diverses espèces de bois ; par M.* P. Berthier. 240

*Suite du Mémoire sur les Sulfo-Sels ; par M.* J. Berzelius. 265

*Appendice au 4e Mémoire sur les Canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses; par M.* P. S. Girard. 286

*Sur une Formation de Pyrite dans une eau thermale; par M.* Longchamp. 294

*Analyse des Séances de l'Académie royale des Sciences.* 300

*Addition à l'article sur la Théorie du Magnétisme en mouvement; par M.* Poisson. 306

*Analyse d'une nouvelle Substance minérale (la* Thenardite); *par M.* J. Casaseca. 308

*Sur la Décomposition du Fulminate d'argent par l'acide hydrosulfurique; par M.* le Dr J. Liebig. 316

*Analyse de Monnaies d'argent romaines, trouvées à Famars; par M.* H. Feneulle. 320

*Lettre de M.* d'Aubuisson, *ingénieur en chef des Mines, à M.* Arago, *sur la Dépense réelle d'un orifice d'où sort un courant d'air.* 327

*Analyse de l'Halloysite; par M.* P. Berthier. 332

*Sur l'Alliage fusible et sur une Combinaison métallique réfrigérante; par M.* Döbereiner. 334

*Sur la Lumière qui se développe au moment où l'acide borique fondu se sépare en fragmens; par M.* Dumas. 335

*Observations météorologiques du mois de juillet.* 336

*Sur une Substance particulière contenue dans l'eau de la mer; par M.* Balard. 337

*Note sur les Modes de division des corps en vibration ; par M.* Félix Savart. 384

*Suite du Mémoire sur les Sulfo-Sels ; par M.* J. Berzelius. 393

*Du Pouvoir conducteur de l'Electricité dans les métaux, et de l'Intensité de la force électro-dynamique en un point quelconque d'un fil métallique qui joint les deux extrémités d'une pile ; par M.* Becquerel. 420

*Analyse des Séances de l'Académie royale des Sciences.* 430

*Note sur quelques Phénomènes électro-magnétiques ;* 432

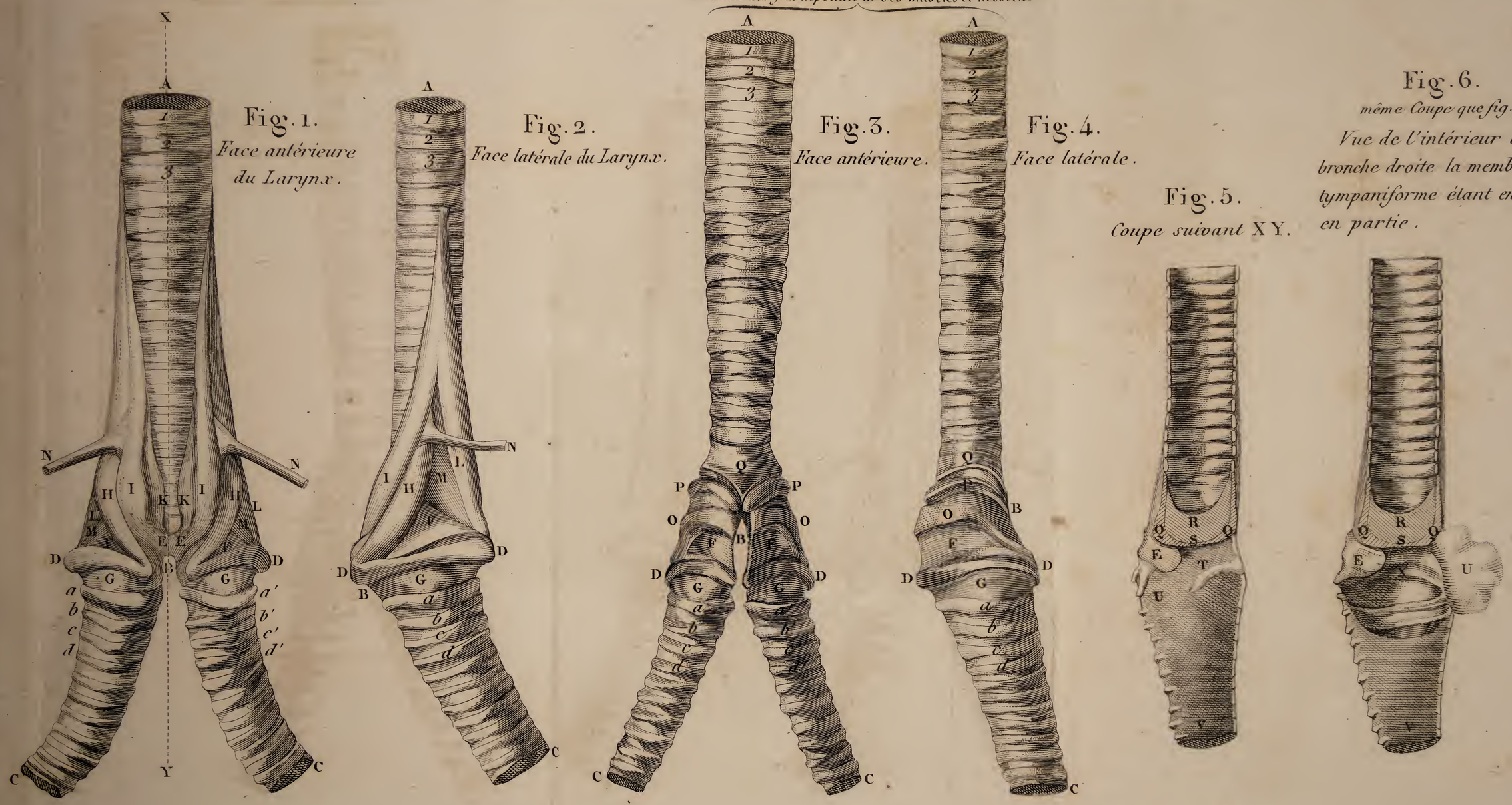
*Note de M.* Vicat *relativement à son dernier Mémoire sur les Mortiers.* 443

*Observations météorologiques du mois d'août.* 444

FIN DE LA TABLE DU TRENTE-DEUXIÈME VOLUME.

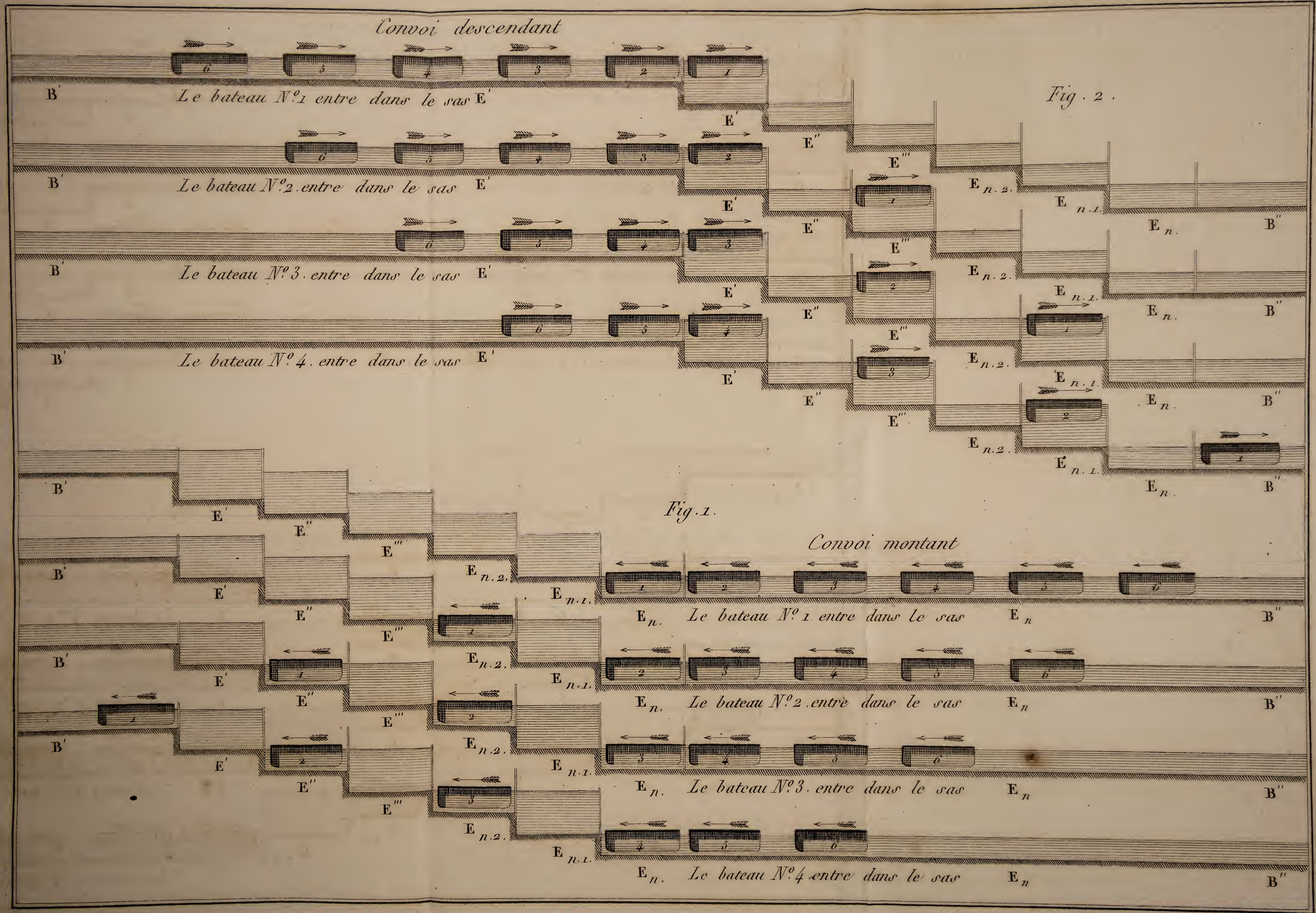
# Larynx de la Corneille noire, dessiné au double de la grandeur naturelle.

Ann. de Chimie et de Ph. Vol. 32, 1er Cahier.




AB *Partie inférieure de la trachée arterre.*
BC BC *Les bronches.*
*1, 2, 3.... Cartilages de la trachée.*
*a, b, c, d... a', b', c', d'... Cartilages des bronches.*
DD *Troisième osselet.*
EE *Cartilage aryténoïde.*
FF GG *Espaces membraneux.*
HH *Releveur et rotateur antérieur du 3e osselet.*
II *Releveur et rotateur antérieur du 2e osselet.*
KK *Releveur antérieur du 1er et du 2e osselet.*
LL *Rotateur postérieur du 3e osselet.*
MM *Oblique postérieur.*
NN *Abaisseur de la trachée*
OO *2e osselet.*
PP *1er osselet.*
QQ *Tambour formé par l'extrémité inférieure de la trachée.*
R *Membrane semi-lunaire.*
S *Traverse osseuse.*
T *Bourelet qui forme la lèvre interne de la glotte droite.*
UV *Face interne de la bronche droite formée par la membrane tympaniforme.*
X *Bourelet regnant le long de la face interne du 3e osselet et formant la lèvre extérieure de la glotte.*

Gravé par Adam.




Gravé par Adam

Thénardite

Fig. 1.

Fig. 2.

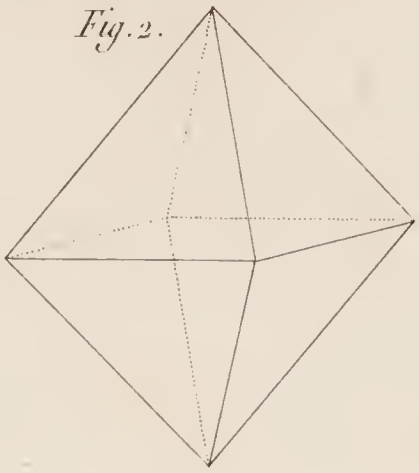


Fig. 3.

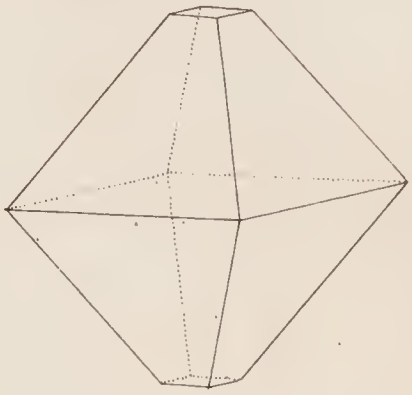


Fig. 1.

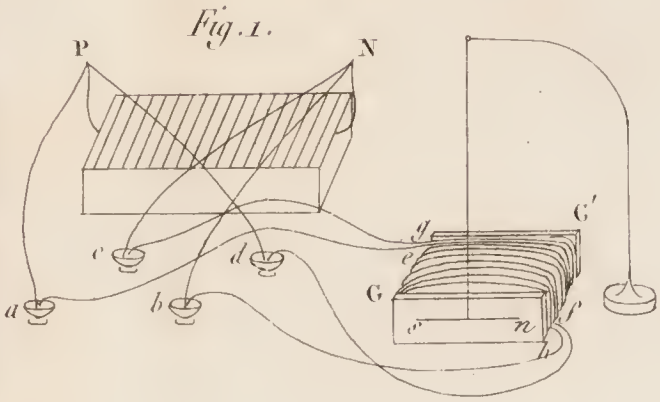



Fig. 2.

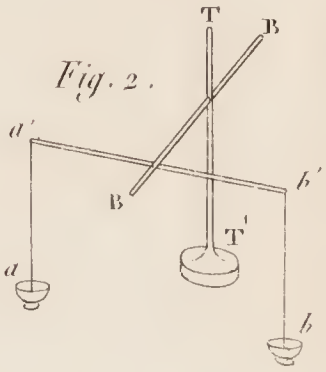



Fig. 1.

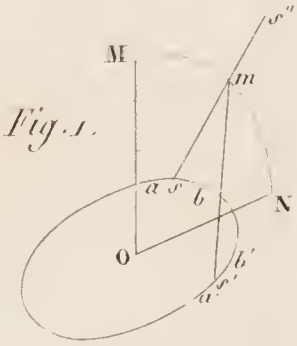



Fig. 3.

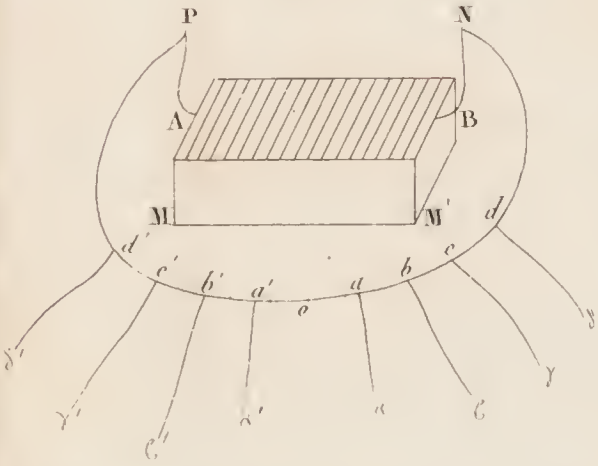
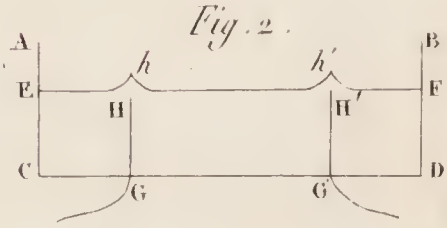
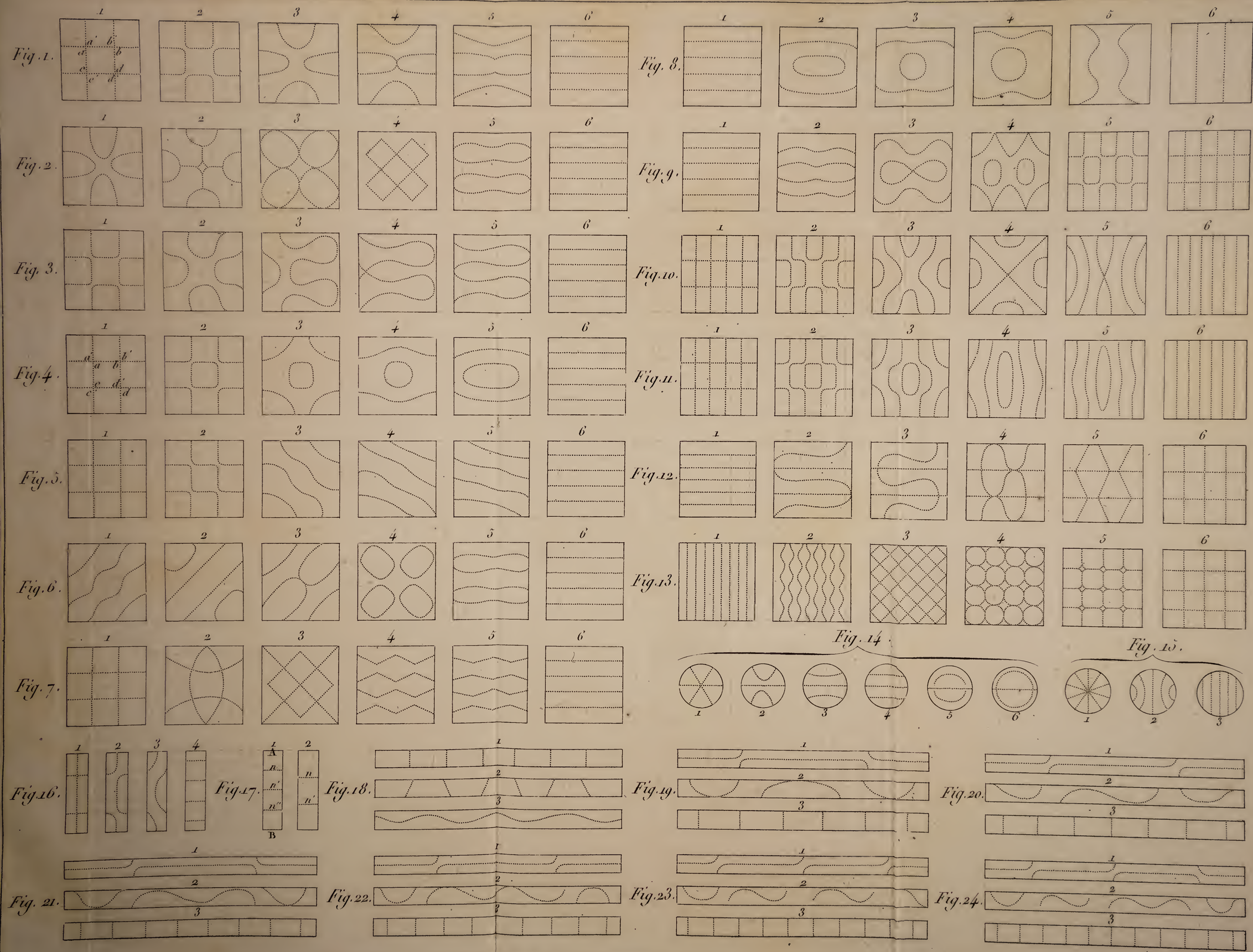



Fig. 2.




Gravé par Adam.




Marion del.

Adam sculp.